

MATTEO FARINELLA

HANA ROŠ

NEUROCOMIX

Voyage fantastique dans le cerveau



DUNODGRAPHIC



MATTEO FARINELLA

HANA ROŠ

NEUROCOMIX

Voyage fantastique dans le cerveau

Traduit de l'anglais par Anne Pompon



Avec le soutien de
wellcometrust



DUNODGRAPHIC



L'édition originale de cet ouvrage a été publiée
par Nobrow Press sous le titre *Neurocomic*.

Originally published in the English language as *Neurocomic*
© Nobrow Ltd 2013

Couverture : Matteo Farinella et Florie Bauduin

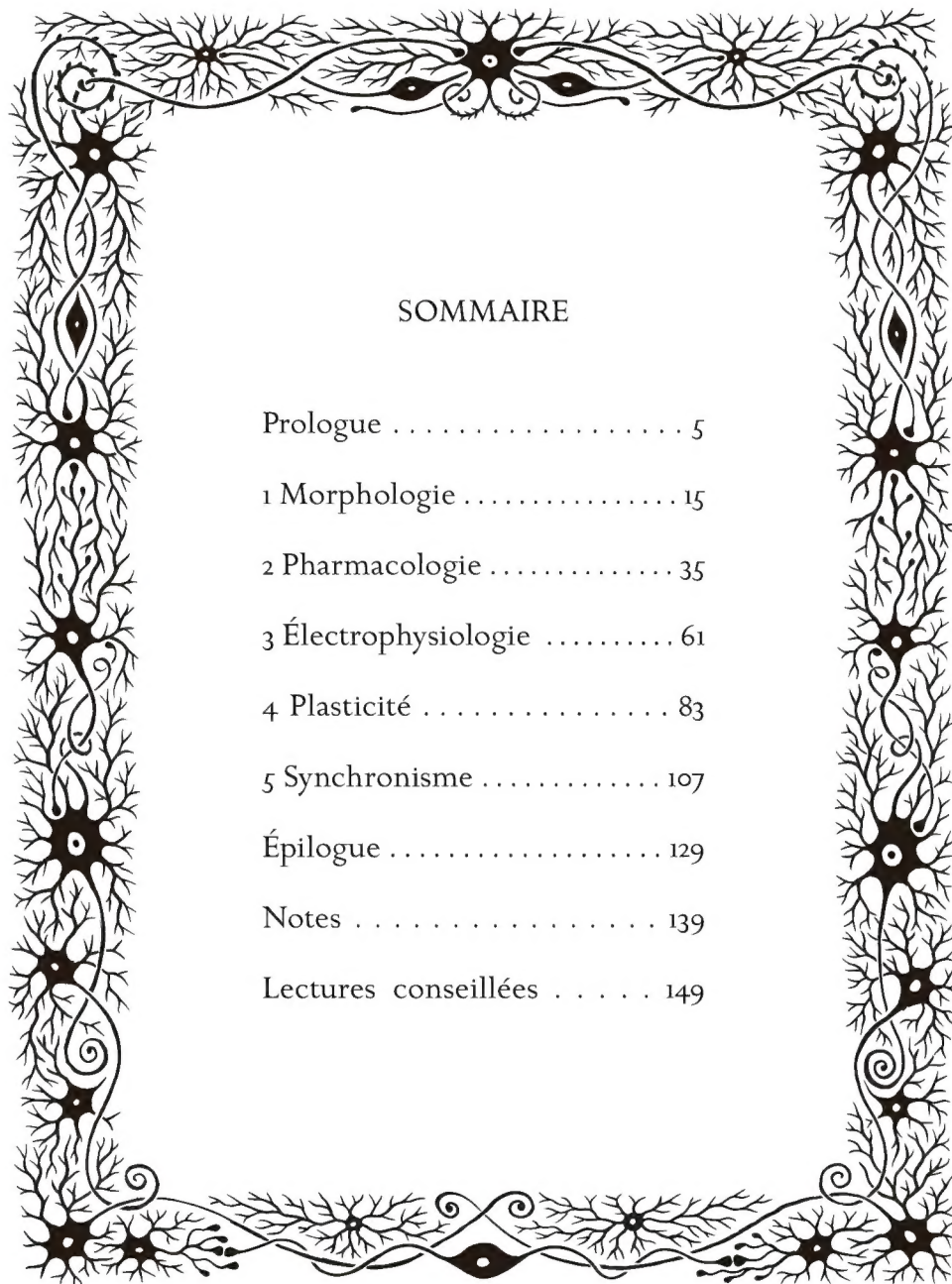
Révision scientifique de la traduction : Nadine Fresquet

Composition : Chromostyle

© Dunod, 2014, 2022 pour cette édition de traduction française
ISBN 978-10-084926-0

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

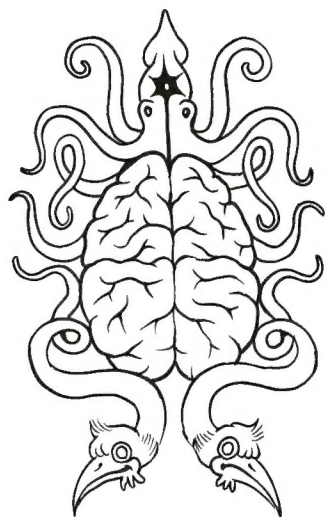
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

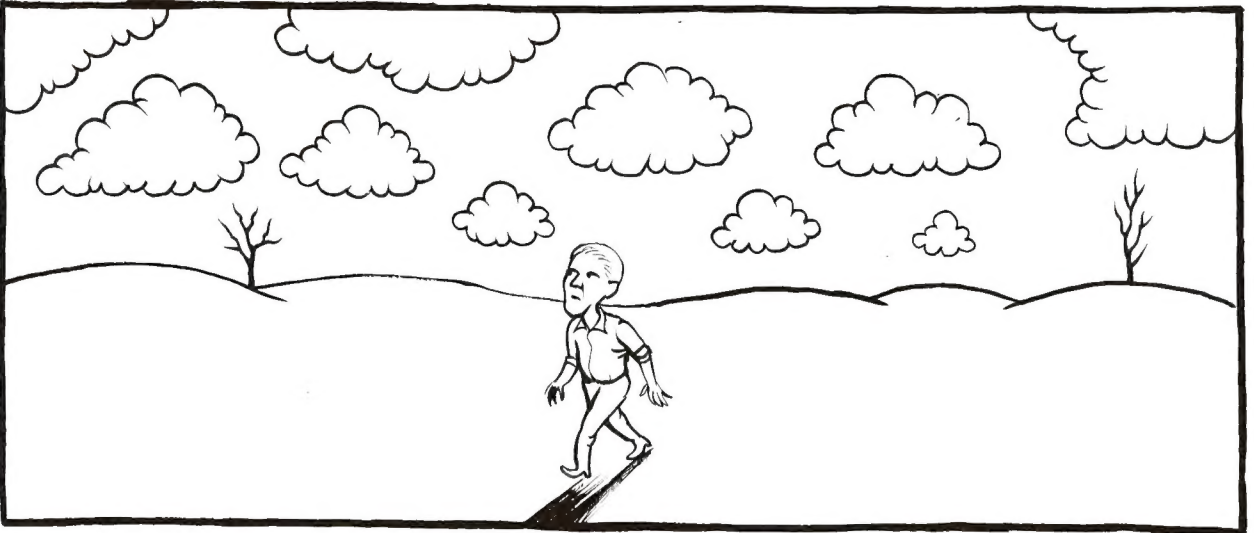


SOMMAIRE

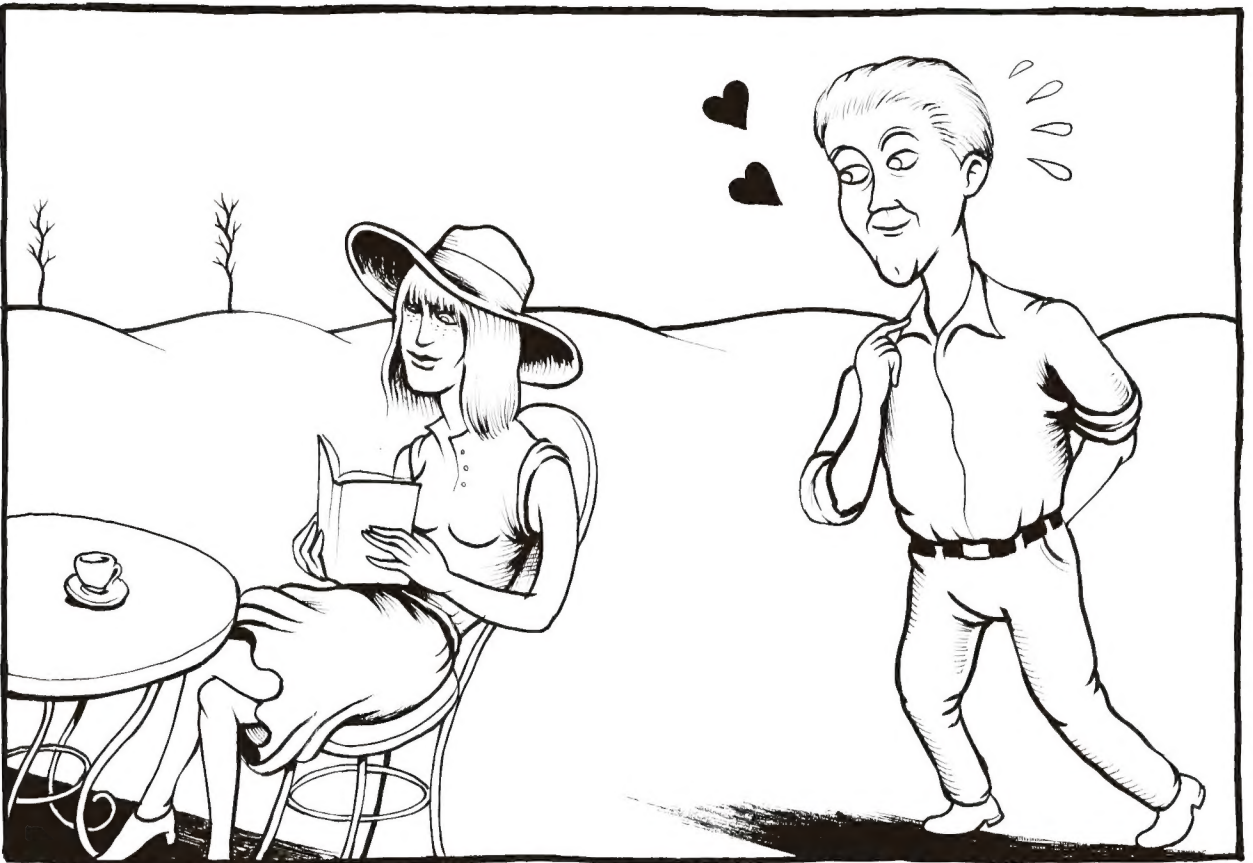
Prologue	5
1 Morphologie	15
2 Pharmacologie	35
3 Électrophysiologie	61
4 Plasticité	83
5 Synchronisme	107
Épilogue	129
Notes	139
Lectures conseillées	149

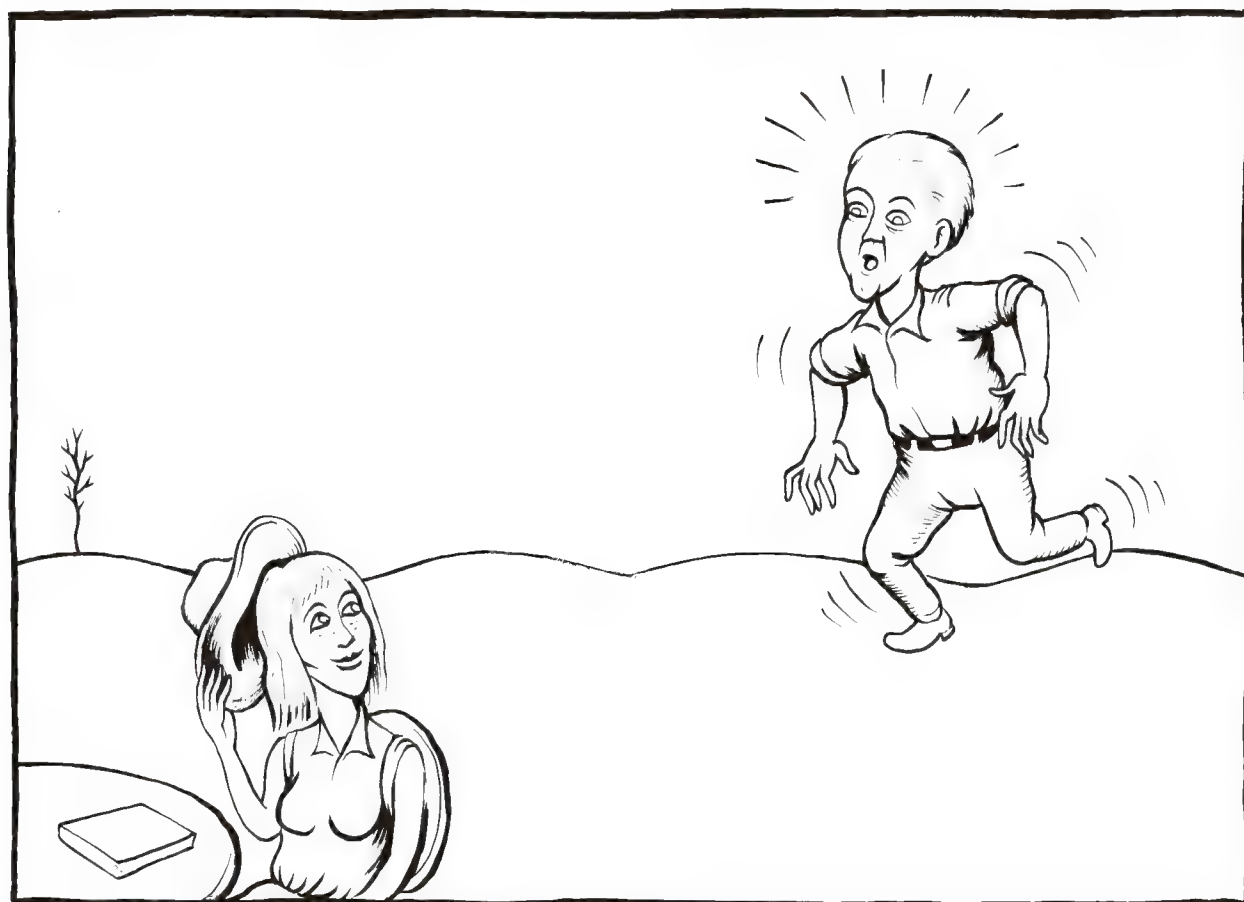
PROLOGUE



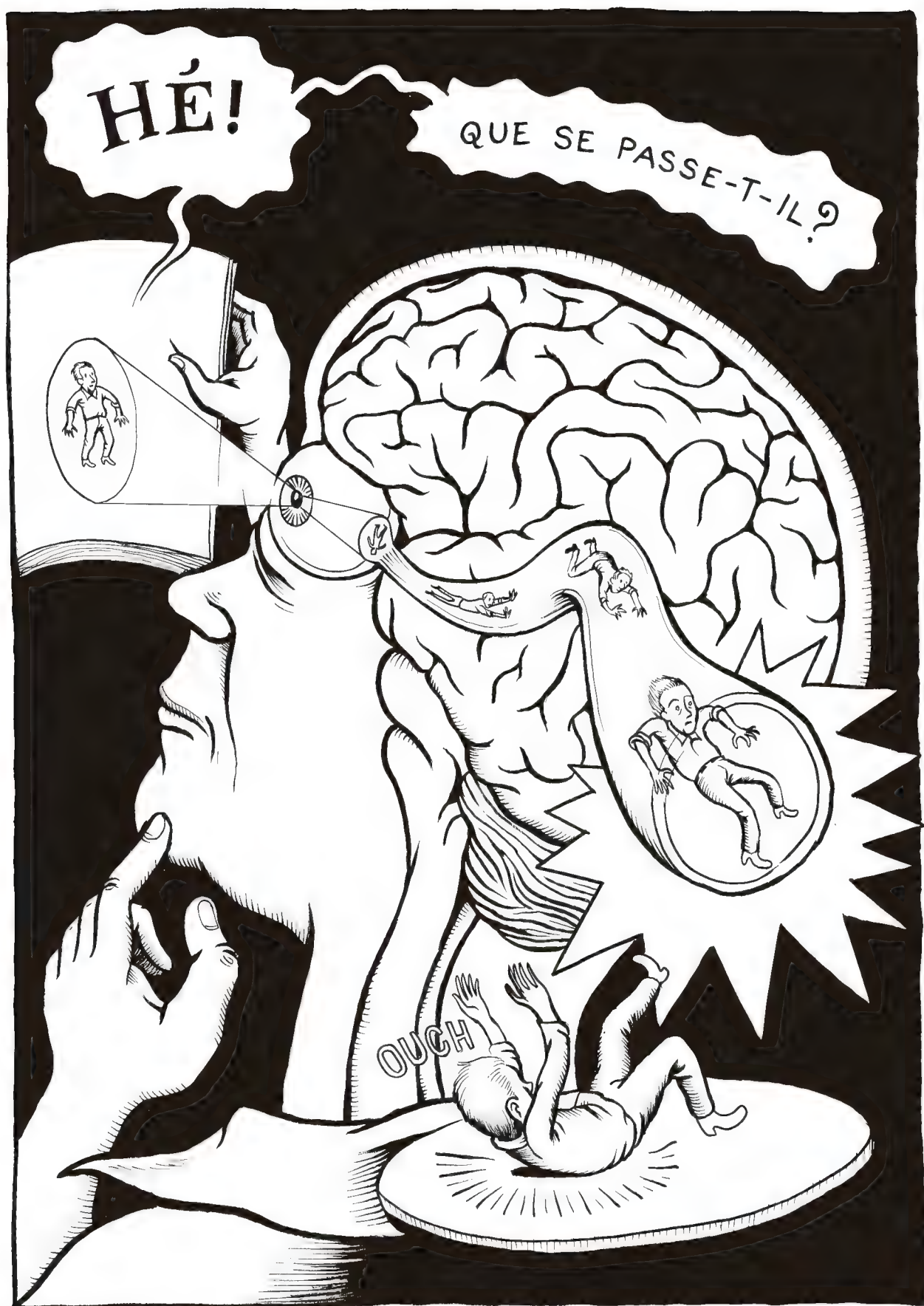








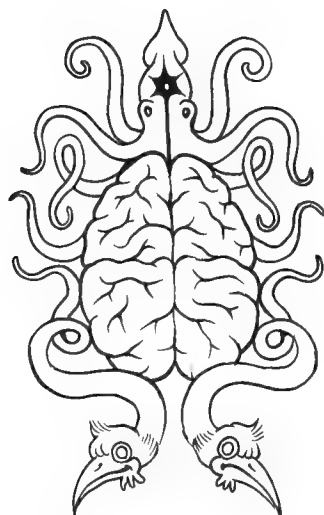


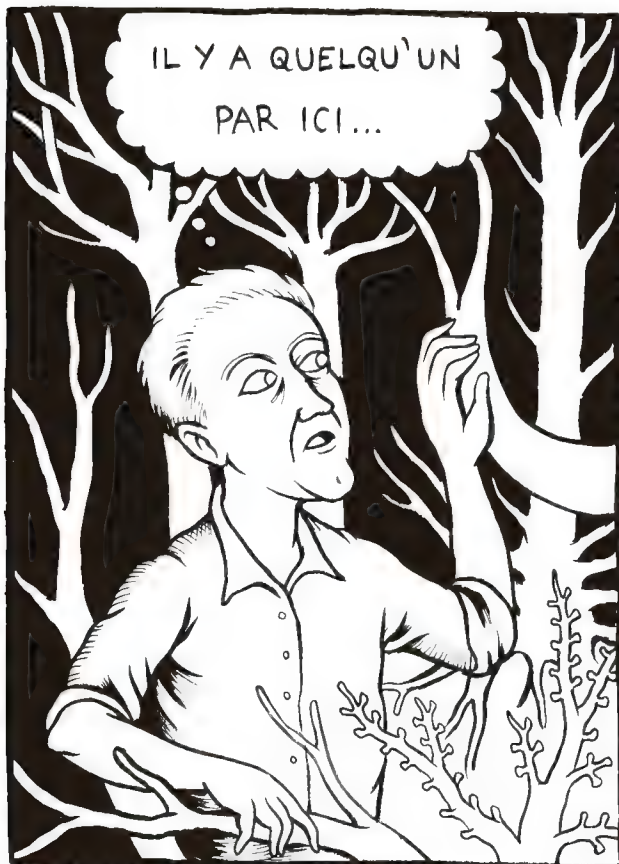


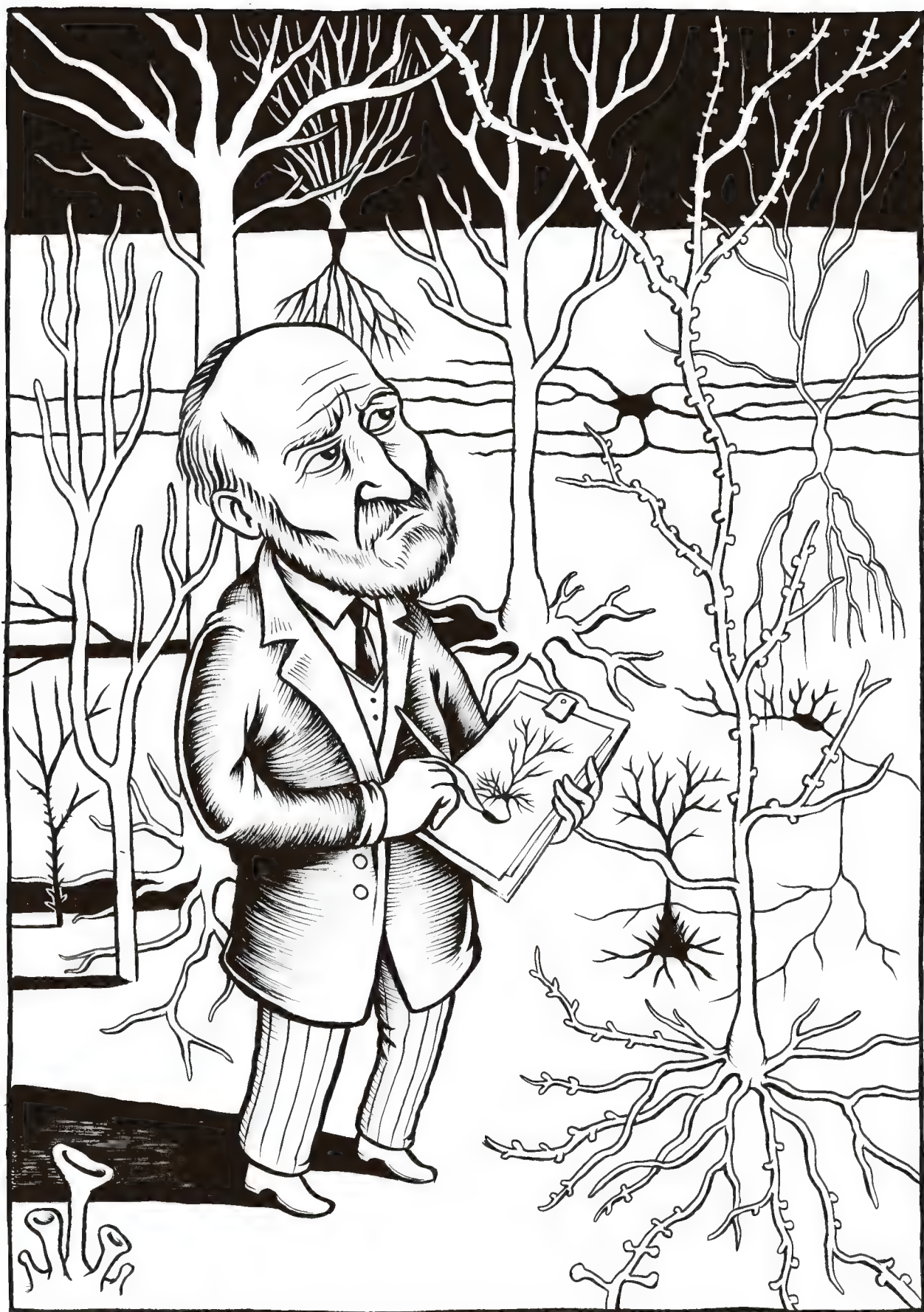












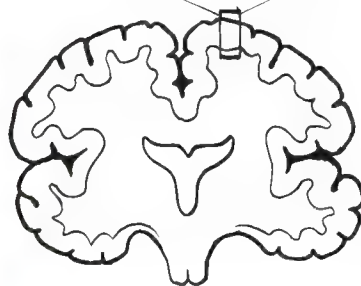
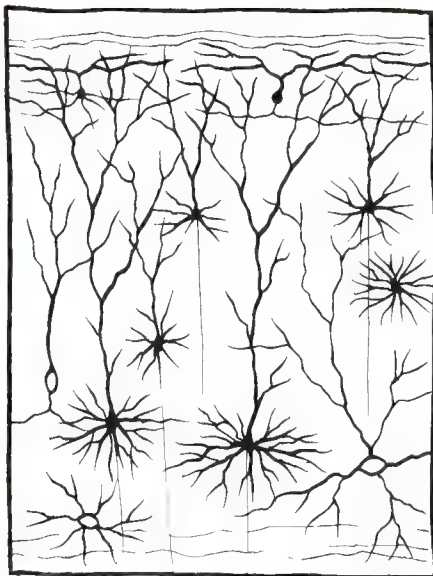




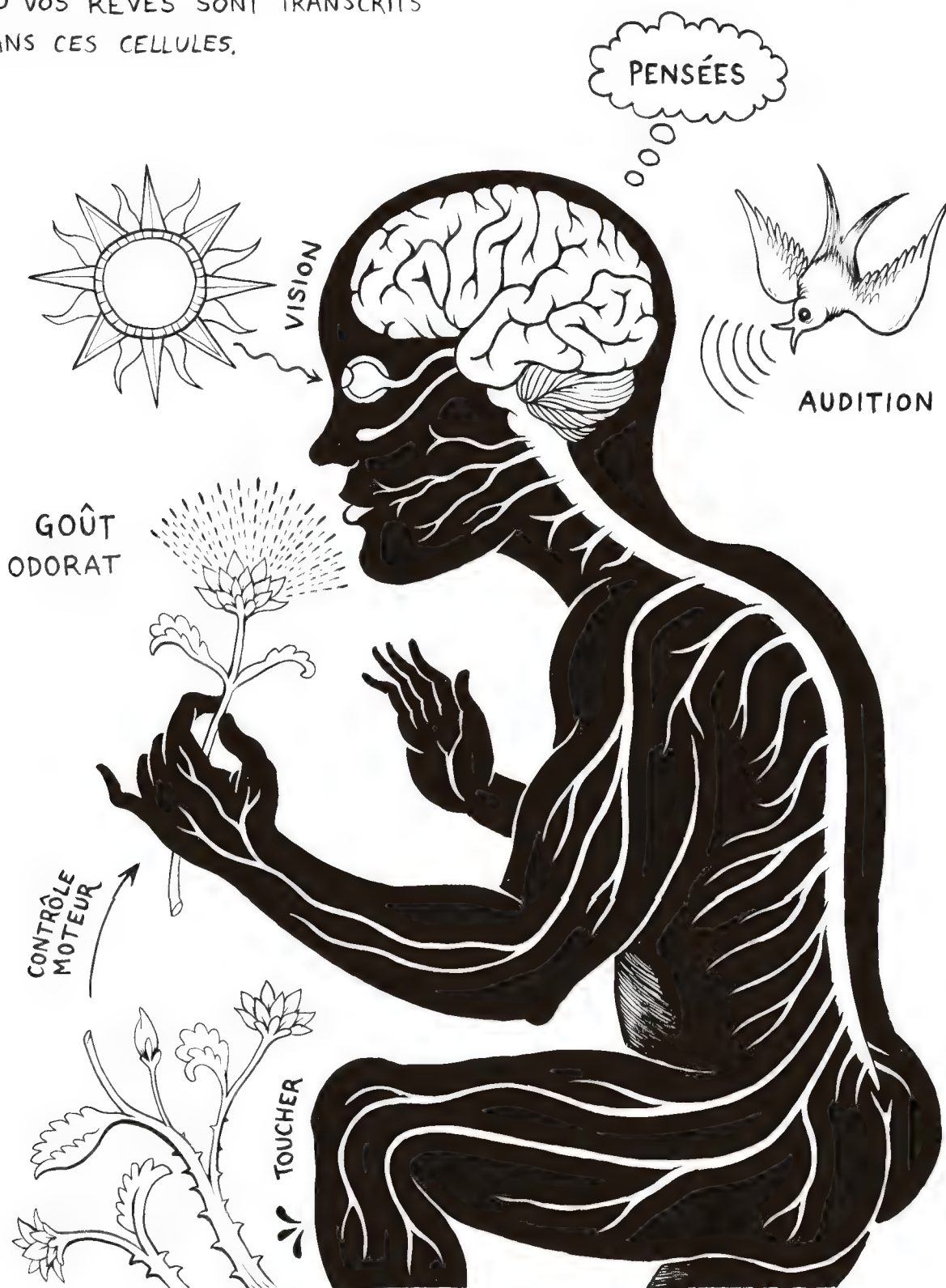
VOUS ÊTES À L'INTÉRIEUR DU **CERVEAU** ! LE CENTRE DE VOTRE PROPRE EXISTENCE...



CE NE SONT PAS DES ARBRES,
CE SONT DES **NEURONES** :
LES CELLULES FINEMENT RAMIFIÉES
QUI CONSTITUENT VOTRE
SYSTÈME NERVEUX.



TOUT COMMENCE ET S'ACHÈVE AVEC LES NEURONES:
DEPUIS VOS RÉCEPTEURS SENSORIELS JUSQU' AUX NERFS QUI
CONTRÔLENT VOS MUSCLES. TOUTES VOS SENSATIONS, VOS SOUVENIRS
OU VOS RÊVES SONT TRANSCRITS
DANS CES CELLULES.





Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) était un neurobiologiste espagnol lauréat du prix Nobel. Il est considéré comme le père des neurosciences du fait de ses recherches pionnières sur l'architecture du cerveau, tout en ayant une grande passion pour le dessin.



J'AI MIS AU POINT UNE
TECHNIQUE DE COLORATION,
LA "RÉACTION NOIRE",
QUI NOUS A PERMIS DE
VOIR LES NEURONES
POUR LA PREMIÈRE FOIS.

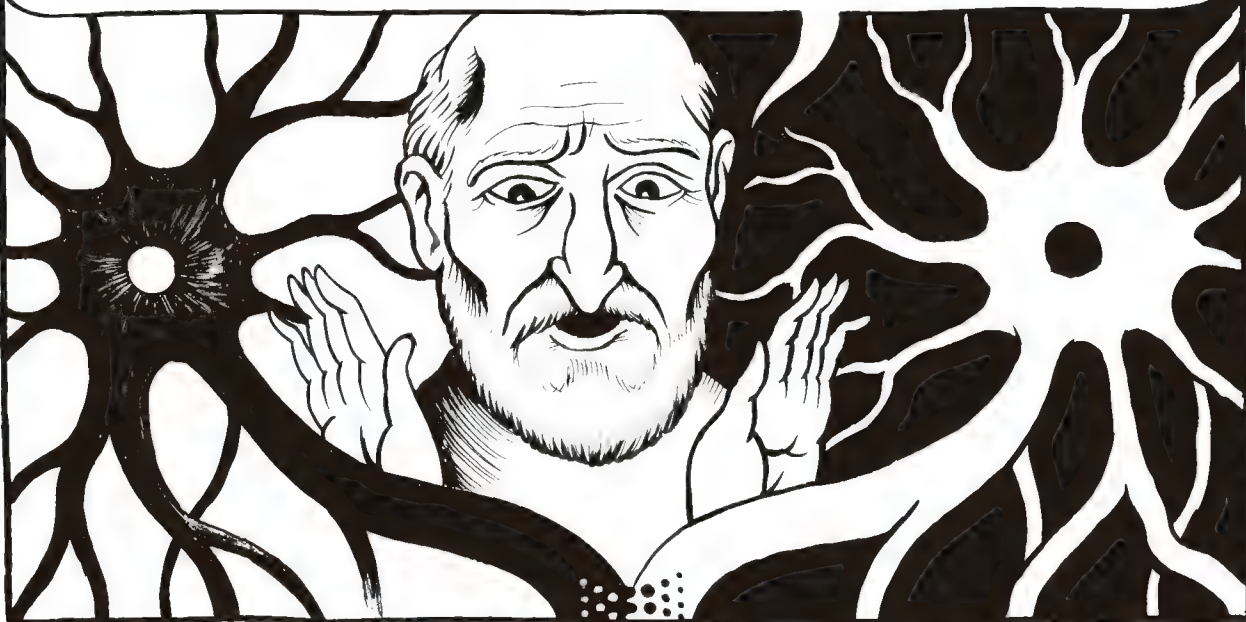


Camillo Golgi (1843-1926) était un scientifique italien co-lauréat du prix Nobel avec Santiago Ramón y Cajal. Il a mis au point une méthode pour colorer un petit nombre de neurones, ce qui a permis d'observer leur arborisation complexe au microscope.

EN EFFET, MONSIEUR GOLGI, MAIS VOTRE "THÉORIE RÉTICULAIRE"
EST FAUSSE!



VOUS AVEZ SUGGÉRÉ QUE LES CELLULES NERVEUSES
FUSIONNAIENT POUR FORMER UN RÉSEAU DENSE
OU "RETICULUM", CE QUI, EN DEHORS DE QUELQUES
EXCEPTIONS, N'EST PAS LE CAS...







CHAQUE NEURONE EST UNE UNITÉ INDÉPENDANTE
AVEC UNE STRUCTURE BIEN DÉFINIE, DANS LAQUELLE
ON DISTINGUE TROIS PARTIES:

LES **DENDRITES**, STRUCTURES FINEMENT RAMIFIÉES QUI
REÇOIVENT LES INFORMATIONS DE NOMBREUX AUTRES NEURONES.

LE **SOMA**
(OU CORPS CELLULAIRE)
VERS LEQUEL CONVERGENT
LES DENDRITES
ET OÙ LES INFLUX SONT
COMBINÉS POUR FORMER
LE SIGNAL FINAL.

L' **AXONE**,
QUI ÉMERGE DU CORPS
CELLULAIRE, ET TRANSMET
LE SIGNAL NEURONAL
VERS LES DENDRITES
DES AUTRES
NEURONES.



EN FAIT, LES NEURONES PEUVENT AVOIR
DES FORMES TRÈS VARIÉES:

REGARDEZ JAY
PAR EXEMPLE,
L'UN DE MES PRÉFÉRÉS,
C'EST UNE PETITE
CELLULE GRANULAIRE.

BARK
BARK

IL A SEULEMENT
4 COURTES DENDRITES ET,
EN DÉPIT DE SA PETITE TAILLE,
UN AXONE INCROYABLEMENT
LONG...

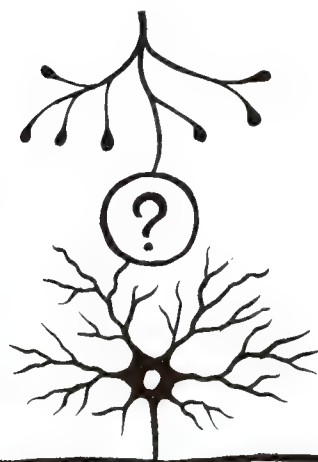
GRAT
GRAT



HUM, MAIS JE NE COMPRENDS PAS: SI LES NEURONES NE

SONT PAS RELIÉS
PHYSIQUEMENT, COMMENT
LES AXONES ET LES
DENDRITES PEUVENT-ILS
COMMUNIQUER?

PEUT-ÊTRE
QUE SI J'AI
L'AIR DE
M'INTÉRESSER,
CE GARS
M'AIDERA
À RETROUVER
MON CHEMIN.



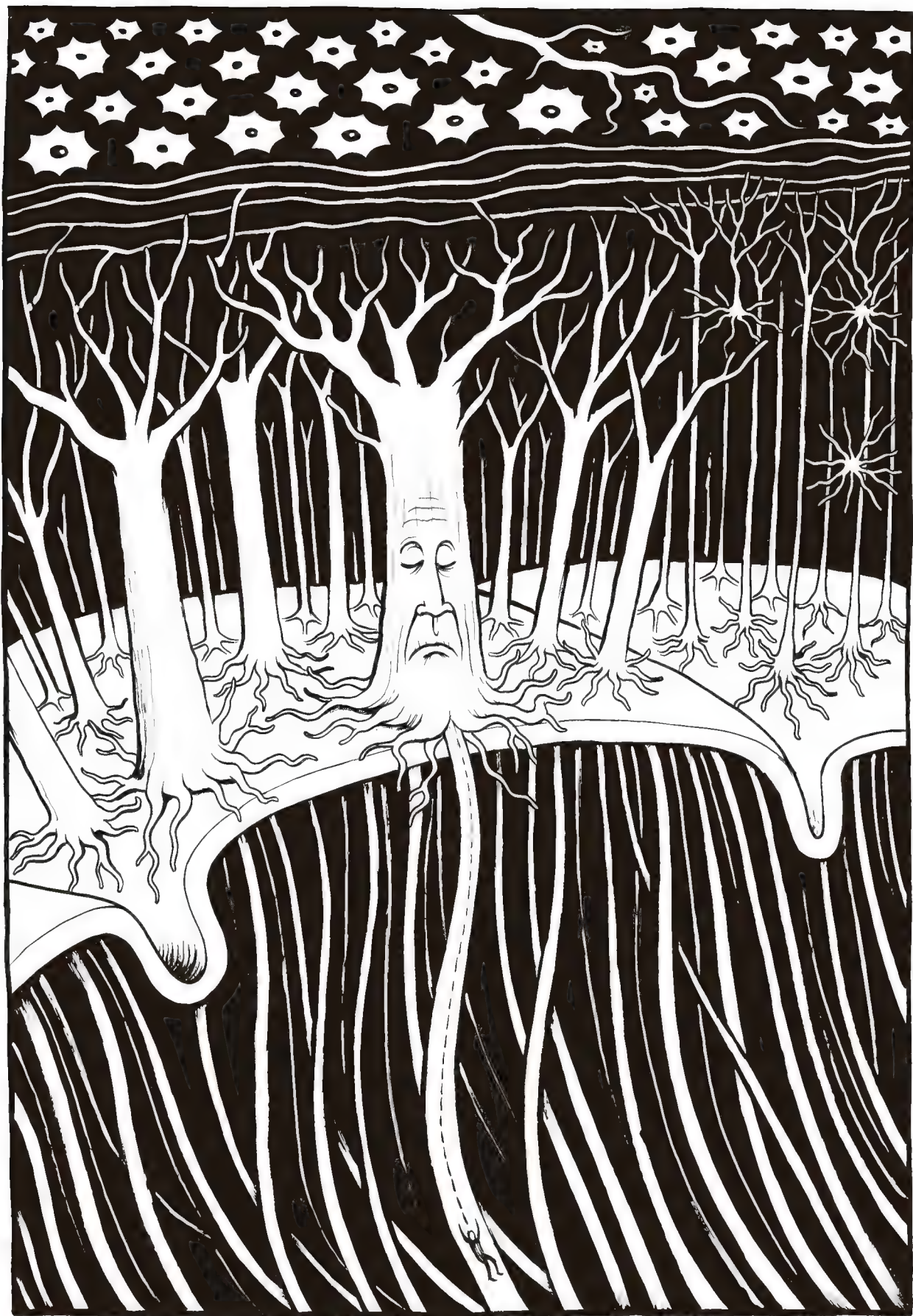
POUR RÉPONDRE
À CETTE QUESTION,
VOUS ALLEZ DEVOIR
JETER UN COUP D'ŒIL
À L'INTÉRIEUR
DU NEURONE.

JE VOUS EN PRIE,
APRÈS VOUS...

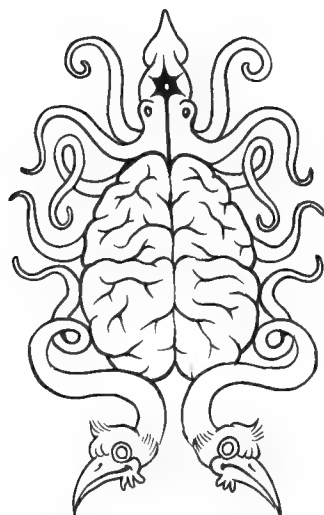
!?









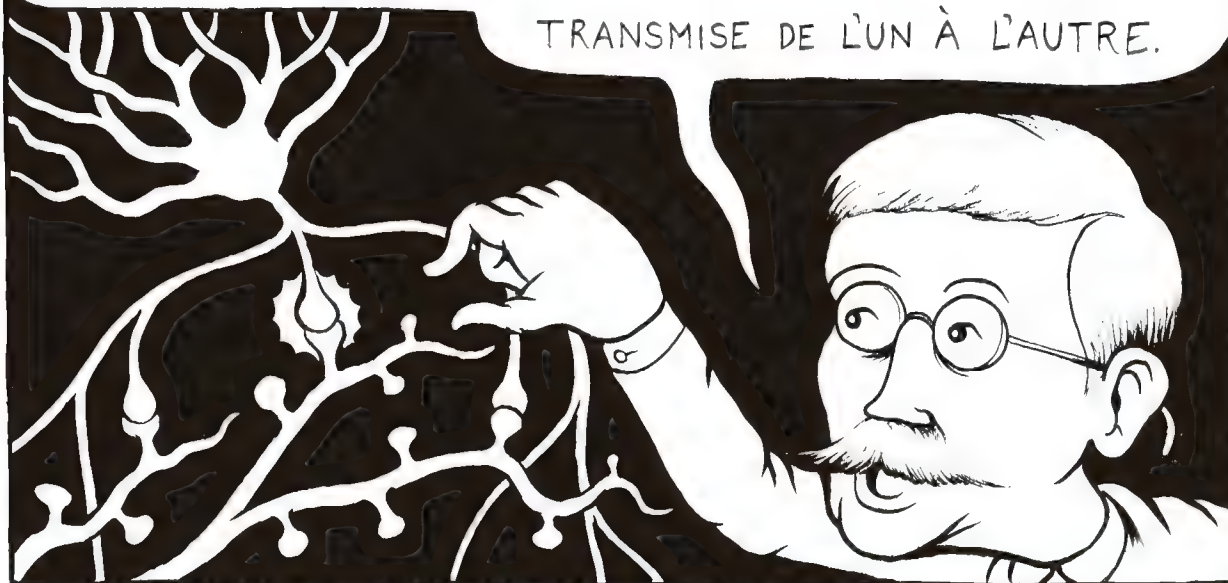








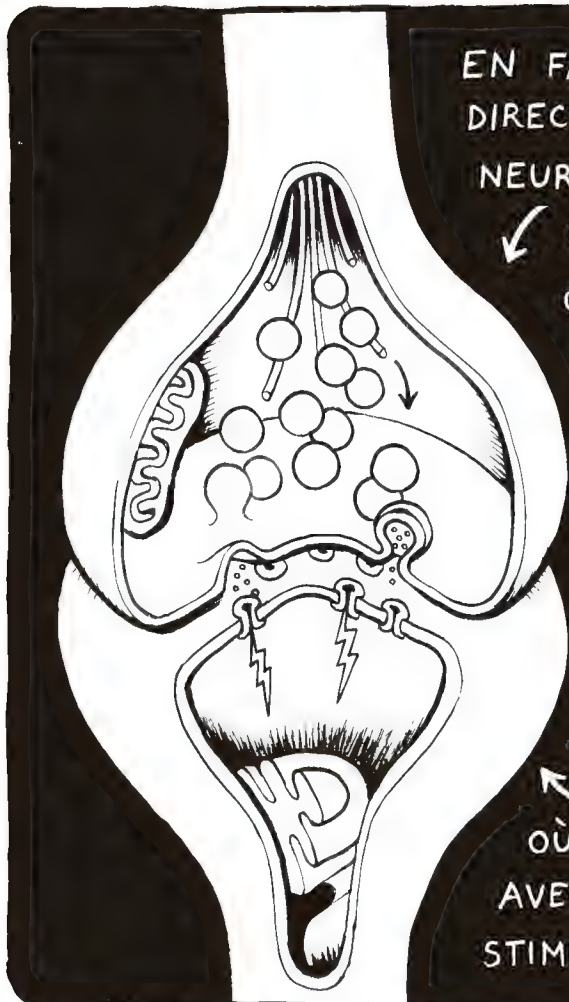
C'EST ICI QUE L'AXONE ET LA DENDRITE SONT EN CONTACT ÉTROIT ET QUE L'INFORMATION EST TRANSMISE DE L'UN À L'AUTRE.



EN FAIT, IL N'Y A PAS DE CONTACT DIRECT ENTRE LES DEUX: L'AXONE DU NEURONE PRÉ-SYNAPTIQUE POSSÈDE

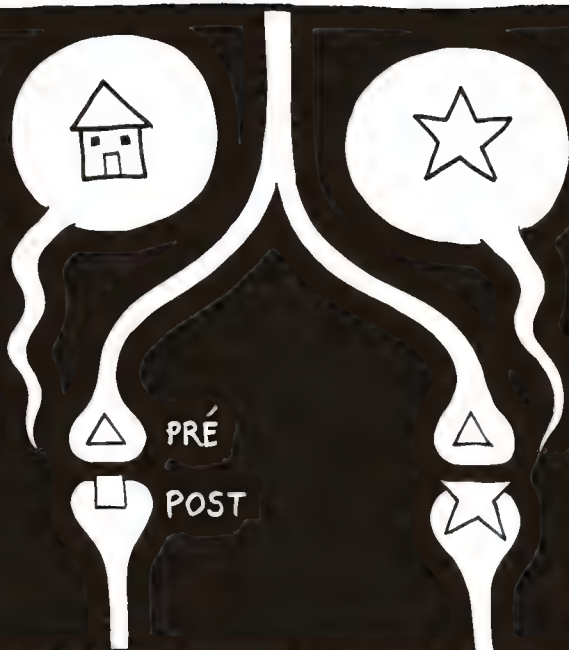
✓ UNE TERMINAISON SYNAPTIQUE QUI CONTIENT DES **VÉSICULES** REMPLIES DE MOLÉCULES DE **NEUROTRANSMETTEURS**. QUAND LE NEURONE ÉMET UN SIGNAL, LE CONTENU DES VÉSICULES EST LIBÉRÉ DANS LA FENTE SYNAPTIQUE. LES MOLÉCULES S'APPROCHENT ALORS DE LA SURFACE DE LA

↖ DENDRITE POST-SYNAPTIQUE, OÙ LE NEUROTRANSMETTEUR SE LIE AVEC DES **RÉCEPTEURS** SPÉCIFIQUES, STIMULANT LE NEURONE SUIVANT.



LA TRANSMISSION SYNAPTIQUE
A DEUX GRANDS AVANTAGES:

PREMIÈREMENT, LE MÊME
SIGNAL PEUT AVOIR
DIFFÉRENTES SIGNIFICATIONS
SELON LES LIAISONS
ENTRE LES MOLÉCULES
ET LES RÉCEPTEURS
PRÉSENTS DANS
LA SYNAPSE.



DEUXIÈMEMENT, UN NEURONE
TRANSMET LE SIGNAL À
TOUTES SES TERMINAISONS
SYNAPTQUES MAIS DE
NOMBREUSES SYNAPSES
DOIVENT ÊTRE ACTIVES
POUR GÉNÉRER UN
NOUVEAU SIGNAL.



TOUS LES NEURONES NE
SERONT PAS ACTIFS
AU MÊME MOMENT
ET CELA NÉCESSITE UN
PROCESSUS D'INTÉGRATION
DANS LE CERVEAU.



BON, TOUT D'ABORD VOUS
AVEZ BESOIN DE CECI...

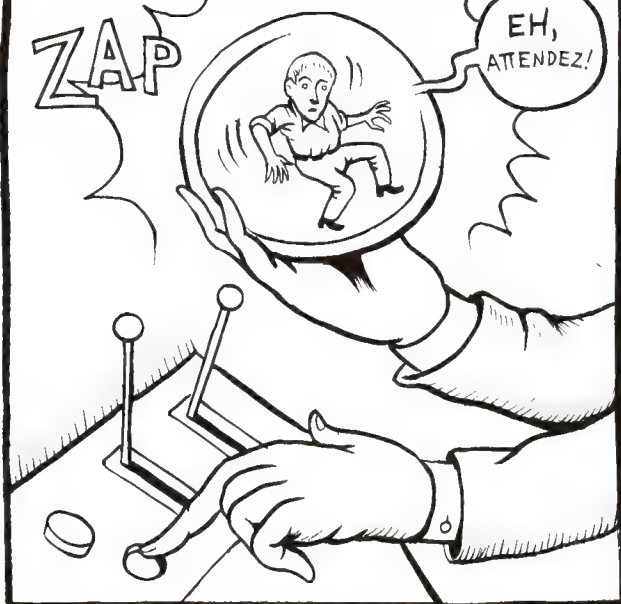
?



ENSUITE VOUS DEVEZ
ENTRER DANS
UNE VÉSICULE...

ZAP

EH,
ATTENDEZ!



BON SANG! UNE VÉSICULE,
C'EST QUOI?



SIR BERNARD KATZ
POURRA VOUS EN PARLER.
J'AI DU TRAVAIL MAINTENANT.

BONJOUR, JE SUIS BERNARD.
LAISSEZ-MOI VOUS EXPLIQUER
CE QUI VA ARRIVER...





LORSQUE JE TRAVAILLAIS AU
UNIVERSITY COLLEGE DE LONDRES,
DANS LES ANNÉES 1950, J'AI
DÉCOUVERT QUE LA TRANSMISSION
SYNAPTIQUE N'EST PAS CONTINUE.

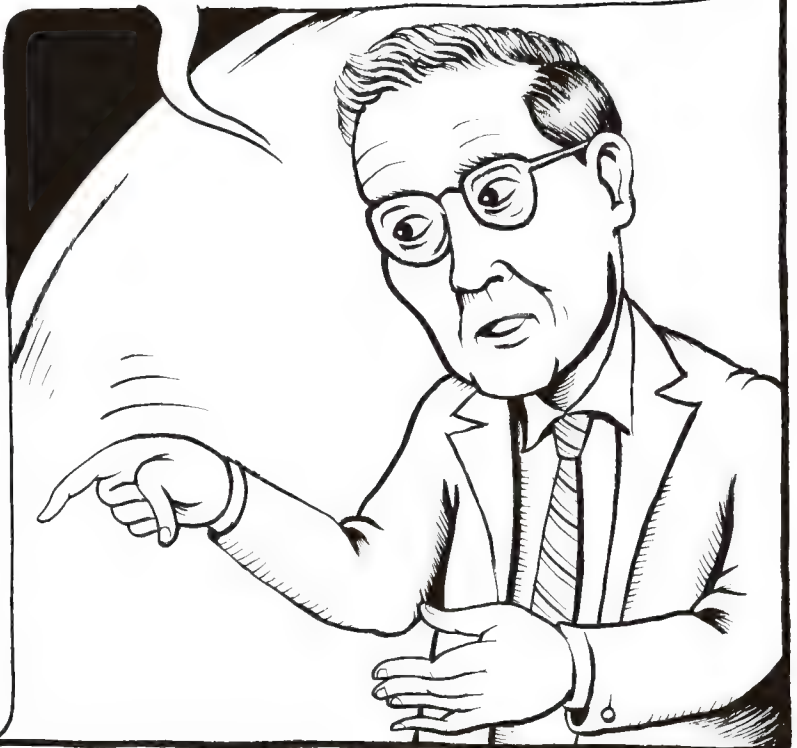
LES NEUROTRANSMETTEURS
SONT LIBÉRÉS PAR PETITES
QUANTITÉS, OU "QUANTA",
CONTENUES DANS
UNE **VÉSICULE**.

CHAQUE SYNAPSE CONTIENT UN ENSEMBLE DE VÉSICULES
ET QUAND LE NEURONE ÉMET UN SIGNAL, CES VÉSICULES
VIENNENT AU CONTACT
DE LA SURFACE
DU NEURONE.



ELLES FUSIONNENT
AVEC LA MEMBRANE

ET LES MOLÉCULES DE
NEUROTRANSMETTEURS
SONT LIBÉRÉES À
L'EXTÉRIEUR DE LA CELLULE.



OUAIS, C'EST TRÈS BIEN TOUT ÇA, MAIS QUE SE PASSE-T-IL
À L'EXTÉRIEUR? JE NE SUIS PAS UN NEUROTRANSMETTEUR!

EH BIEN, TOUT D'ABORD...

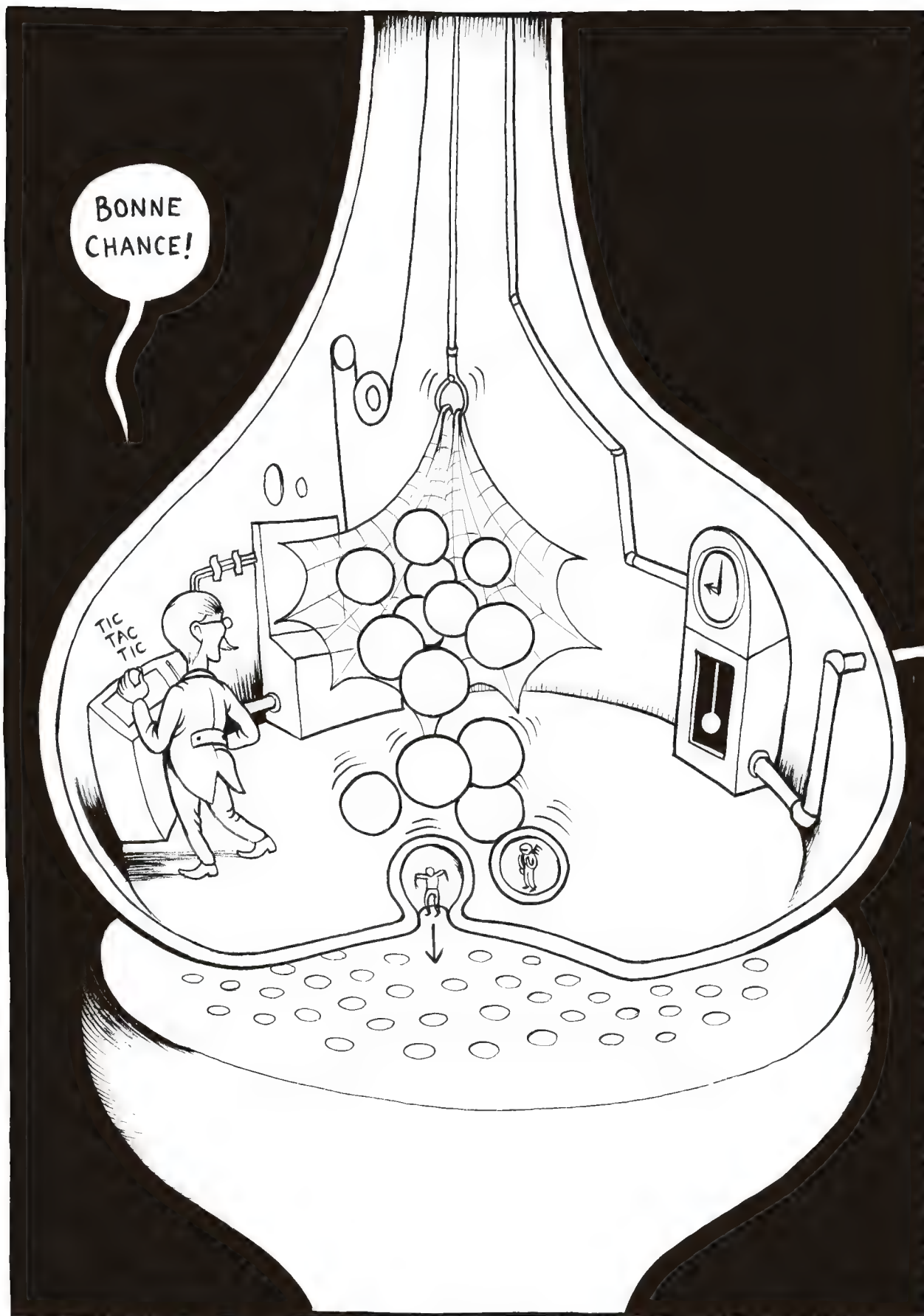


ASSEZ DE DISCUSSION!
LE NEURONE EST SUR LE POINT
D'ÉMETTRE UN NOUVEAU SIGNAL! PRÊT?



3 2 1



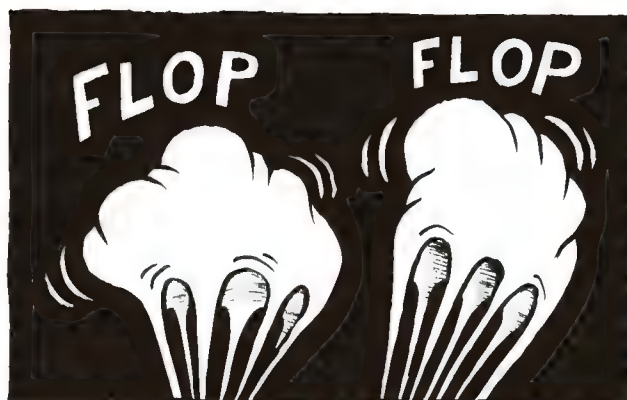




HEP, VOUS LÀ, VOUS N'AVEZ PAS L'AIR D'UN NEUROTRANSMETTEUR.



LAISSEZ-MOI VOUS AIDER...



BON, PUISQUE VOUS ÊTES LÀ, VOUS POUVEZ AUSSI VOUS RENDRE UTILE... PRENEZ CECI:



NOUS SOMMES TOUS
DES NEURO
TRANSMETTEURS

ET NOUS AVONS DES
MISSIONS PARTICULIÈRES
À REMPLIR POUR LE
NEURONE.



CHACUN DE NOUS PORTE UN TYPE
DE CLÉ BIEN SPÉCIFIQUE...



CLICK



QUI OUVRE LA SERRURE
CORRESPONDANTE
APPELÉE "RÉCEPTEUR".



LAISSEZ-MOI VOUS
PRÉSENTER NOTRE
ÉQUIPE: MON NOM
EST **DOPAMINE**
ET JE JOUE UN
RÔLE IMPORTANT
DANS LA RÉCOMPENSE
ET L'APPRENTISSAGE.

SÉROTONINE EST
MA SŒUR. COMME MOI,
ELLE EST LA MÉDIATRICE
DU PLAISIR, FORTEMENT
IMPLIQUÉE DANS LA
RÉGULATION DE L'HUMEUR,
DU COMPORTEMENT
ALIMENTAIRE ET
DU SOMMEIL.



ACÉTYLCHOLINE
NOUS SECONDE PARFOIS
MAIS ELLE EST
AUSSI RESPONSABLE
DU CONTRÔLE
DES MUSCLES
PAR LE SYSTÈME
NERVEUX PÉRIPHÉRIQUE.

GLUTAMATE

EST LE PRINCIPAL
NEUROTRANSMETTEUR
EXCITATEUR DU CERVEAU
HUMAIN. IL EST IMPLIQUÉ
DANS TOUTES SORTES
D'ACTIVITÉS IMPORTANTES
COMME L'APPRENTISSAGE
ET LA MÉMOIRE.



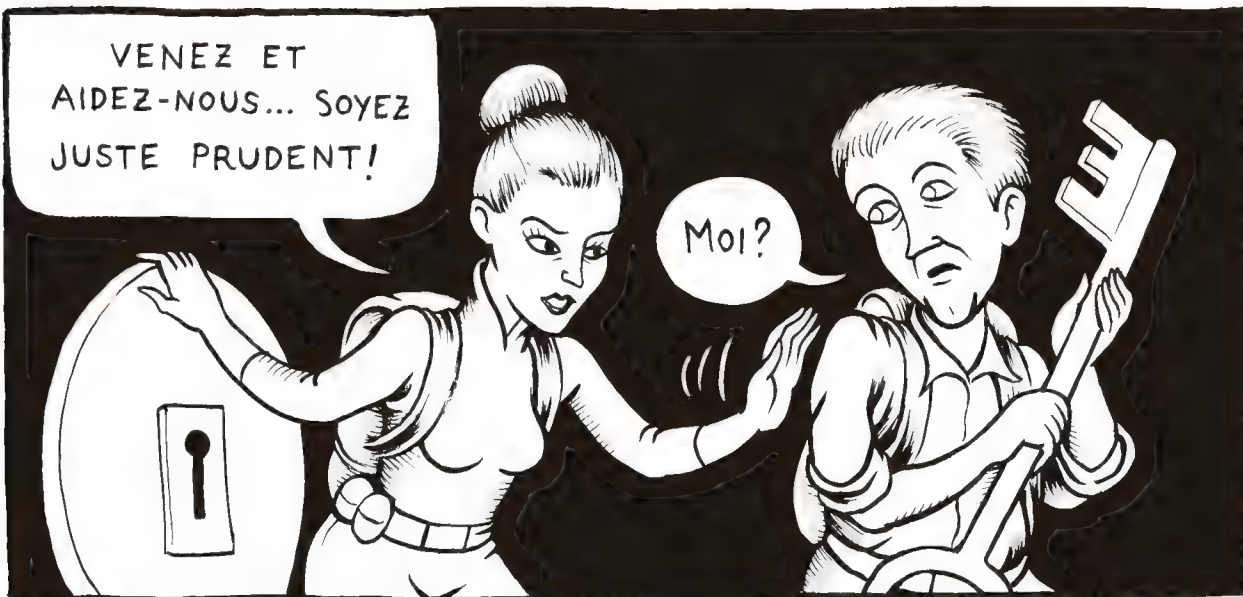
ENFIN, IL Y A G.A.B.A.
LE PLUS ÉTRANGE
DE NOUS TOUS,
NOTRE PRINCIPAL
NEUROTRANSMETTEUR
INHIBITEUR.

IL EST CAPABLE
D'INHIBER ET DANS
CERTAINS CAS D'EXCITER
LES NEURONES
DU CERVEAU.



VENEZ ET
AIDEZ-NOUS... SOYEZ
JUSTE PRUDENT!

Moi?



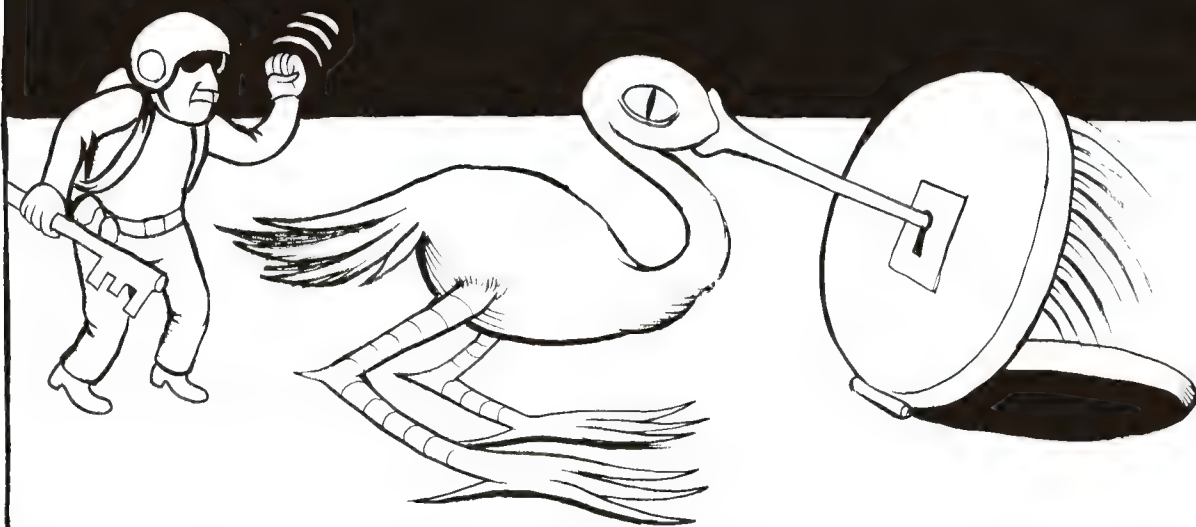
CELA PEUT ÊTRE DANGEREUX PAR ICI...



ELLES SE PRÉSENTENT SOUS 3 FORMES DIFFÉRENTES:
CERTAINES SONT APPELÉES **ANTAGONISTES**,
ELLES EMPÊCHENT SIMPLEMENT L'ACCÈS AUX RÉCEPTEURS,
PERTURBANT LA NEUROTRANSMISSION.



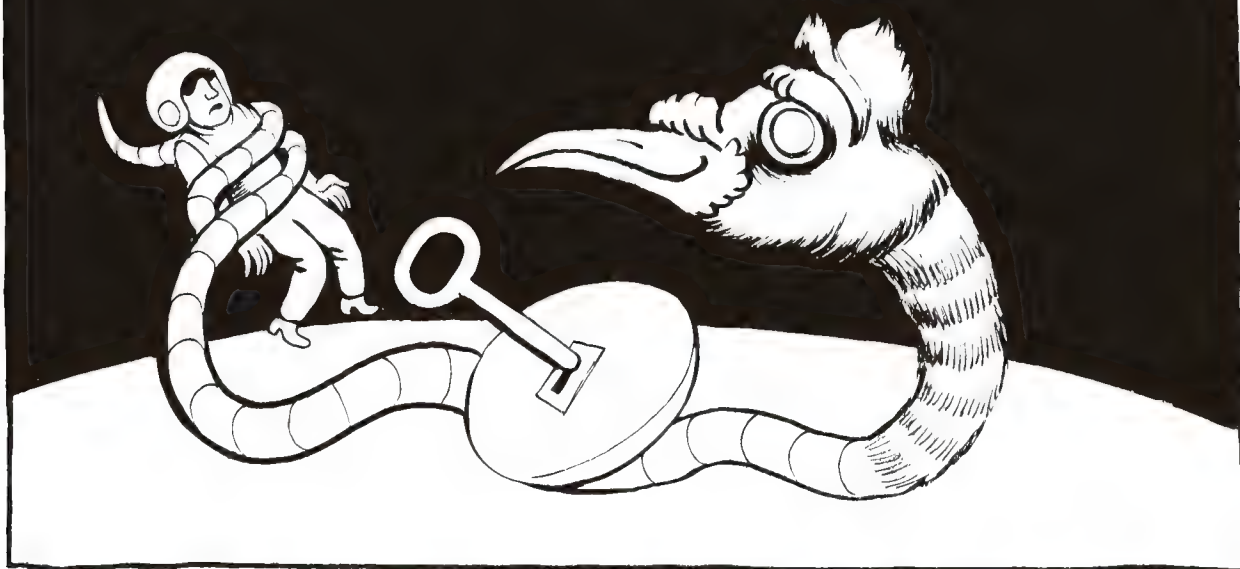
LES AGONISTES, QUANT À EUX, SONT CAPABLES D'ACTIVER UN RÉCEPTEUR.



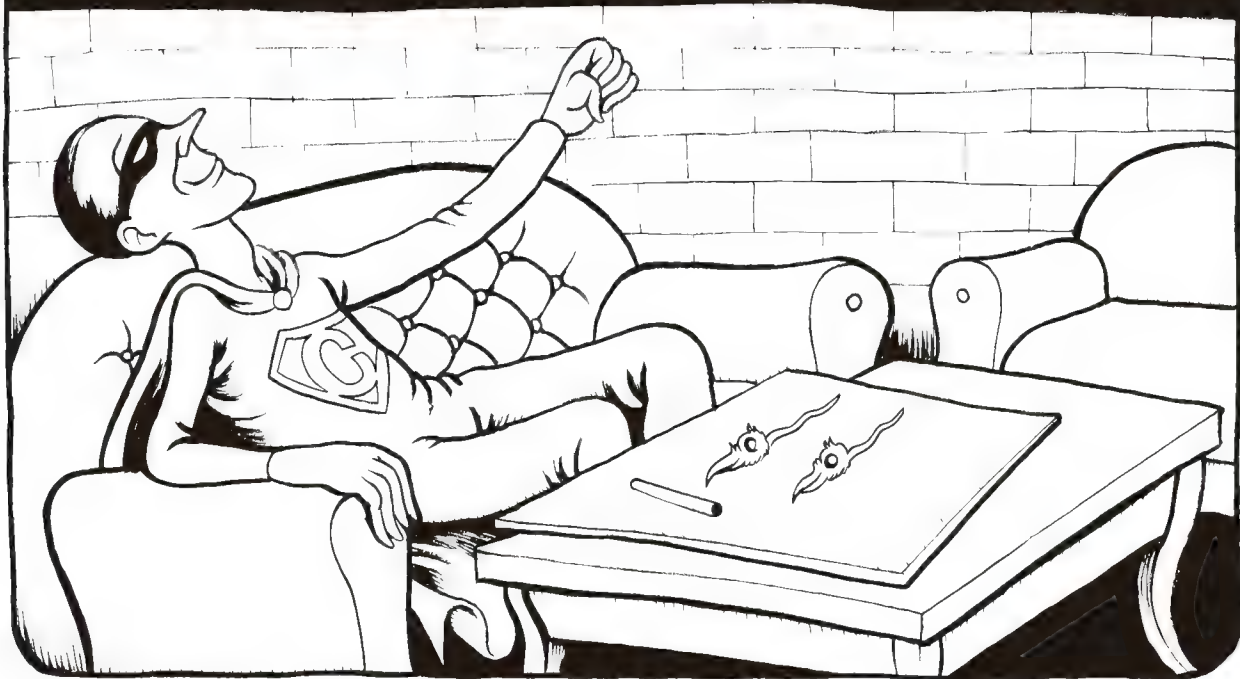
L'ALCOOL, PAR EXEMPLE, PEUT STIMULER LE SYSTÈME INHIBITEUR DU CERVEAU. VOUS ÊTES PLUS DÉTENDU MAIS DANS LE MÊME TEMPS VOS RÉFLEXES SONT RALENTIS.



ENFIN, LES NEUROMODULATEURS ONT UN EFFET PLUS COMPLEXE: ILS ONT BESOIN DU NEUROTRANSMETTEUR POUR ACTIVER LE RÉCEPTEUR MAIS ENSUITE ILS LE NEUTRALISENT.



BEAUCOUP DE DROQUES MODULENT L'ACTIVITÉ DE LA DOPAMINE ET DE LA SÉROTONINE ET ONT UN EFFET STIMULANT, PROLONGEANT ET ACCROISSANT LES SENSATIONS AGRÉABLES.

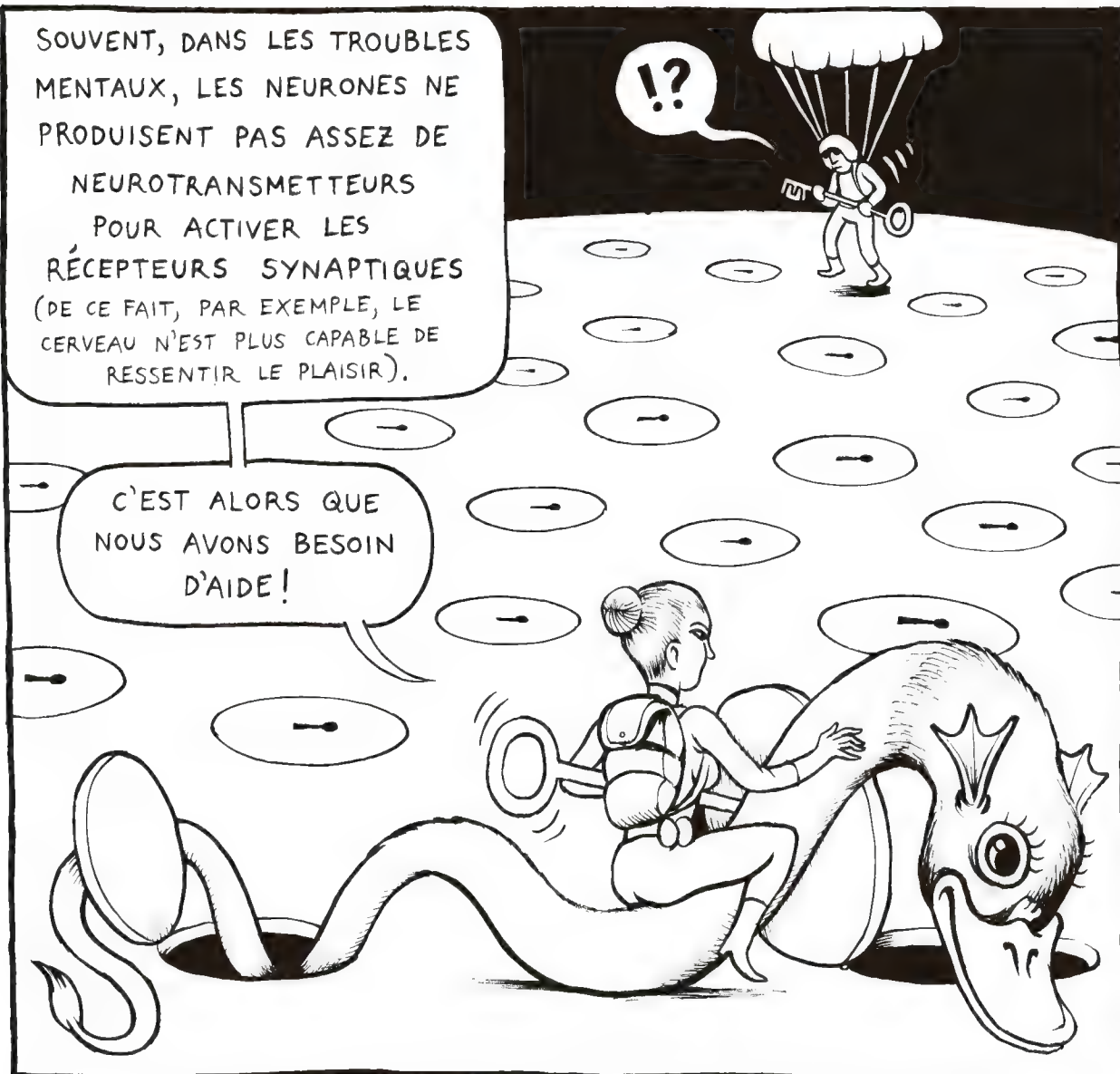


CECI ÉTANT DIT, QUELQUES DROGUES UTILES COMME LES
ANTIDÉPRESSEURS SONT NOS AMIS...



SOUVENT, DANS LES TROUBLES
MENTAUX, LES NEURONES NE
PRODUISENT PAS ASSEZ DE
NEUROTRANSMETTEURS
POUR ACTIVER LES
RÉCEPTEURS SYNAPTiques
(DE CE FAIT, PAR EXEMPLE, LE
CERVEAU N'EST PLUS CAPABLE DE
RESSENTIR LE PLAISIR).

C'EST ALORS QUE
NOUS AVONS BESOIN
D'AIDE!



J'EN AI ASSEZ DE CES
NEUROTRANSMETTEURS. JE FERAIS
MIEUX DE SORTIR D'ICI AVANT
QU'IL NE SOIT TROP TARD!



MAINTENANT QUE JE SUIS SORTI DE
CE NEURONE, ÇA NE DEVRAIT PAS
ÊTRE TROP COMPLIQUÉ DE TROUVER UN
MOYEN DE SORTIR DU CERVEAU...



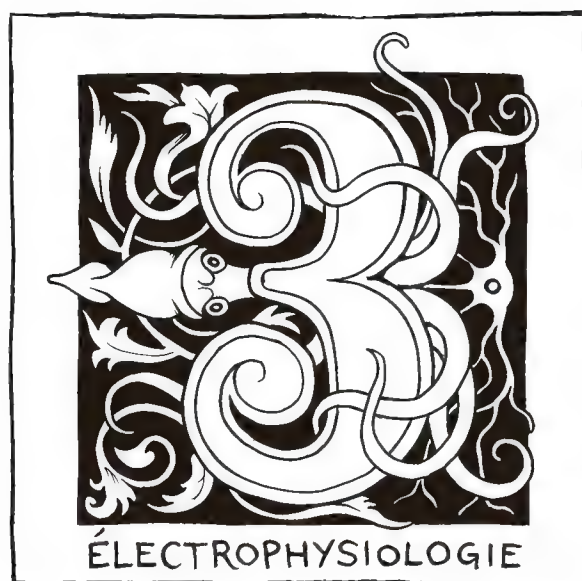
EXCUSEZ-MOI MONSIEUR,
POURRIEZ-VOUS
M'INDIQUER COMMENT
SORTIR D'ICI ?

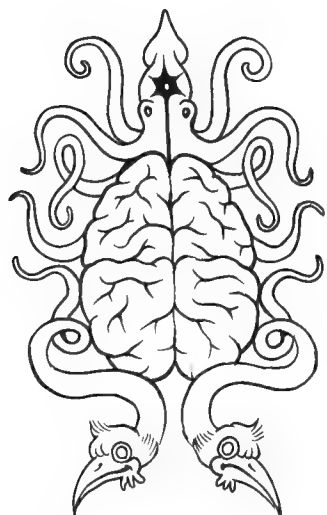




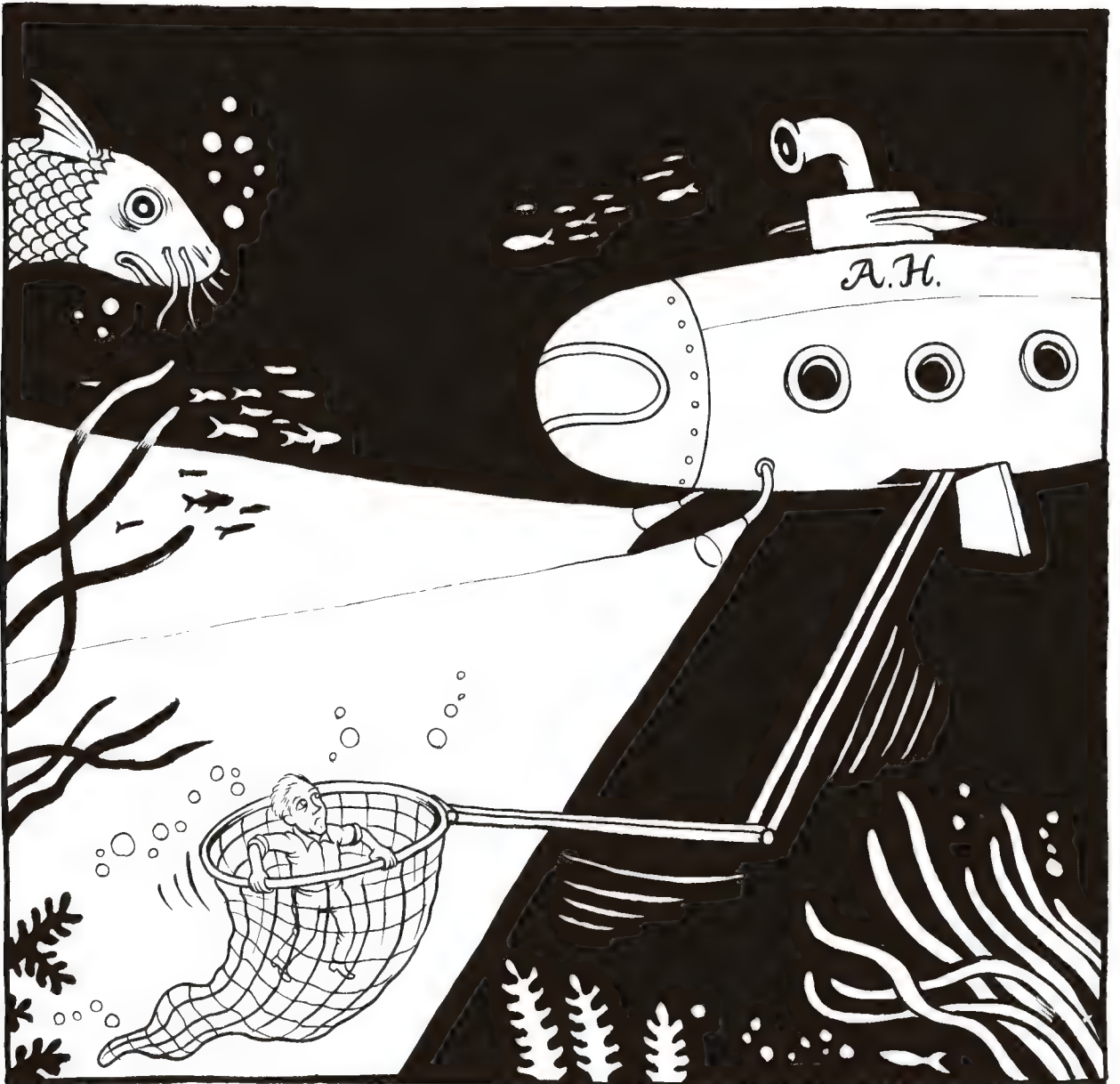








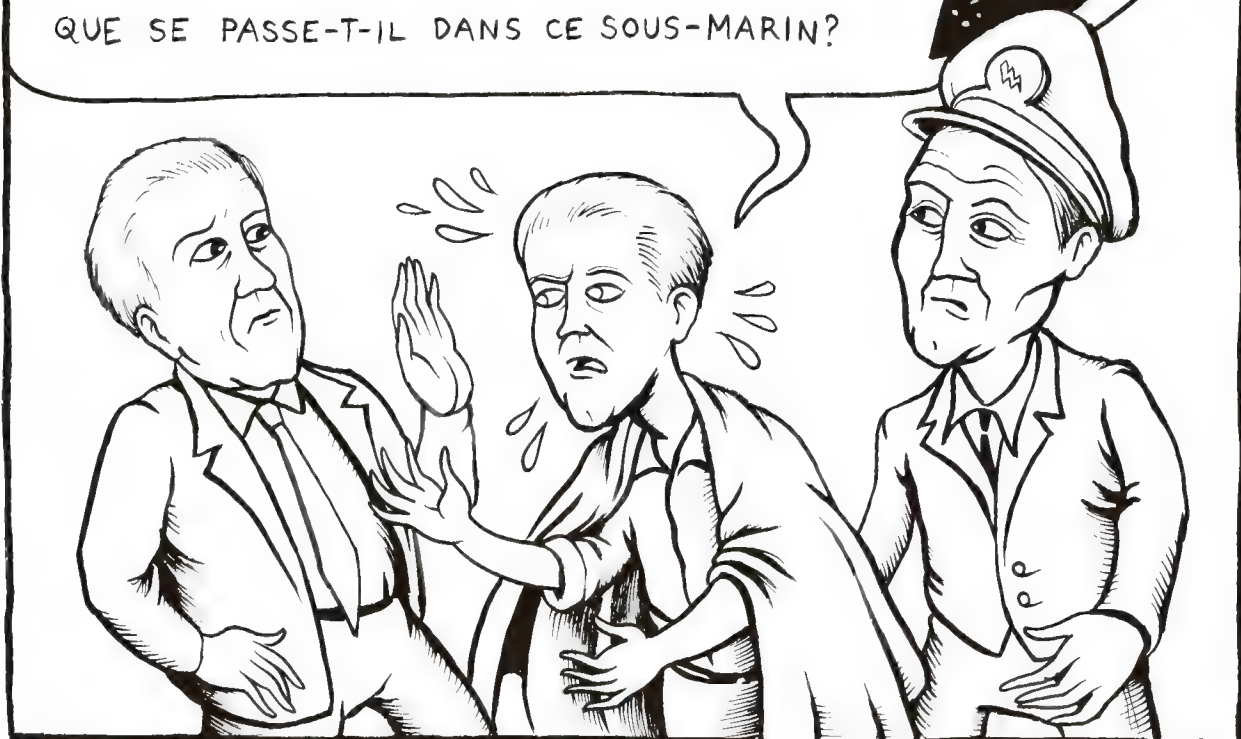








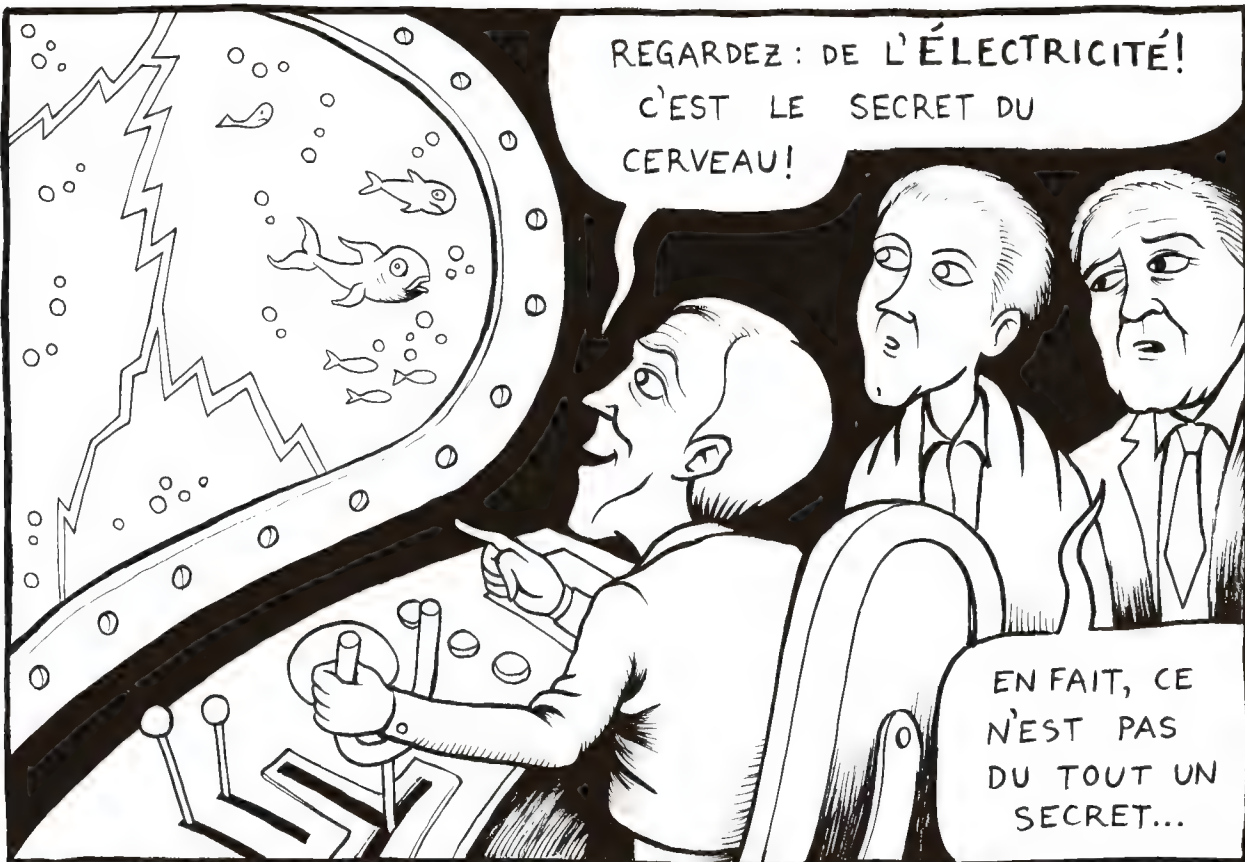
NON, ÇA NE VA PAS DU TOUT! JE ME SUIS PERDU
DANS UNE FORÊT, J'AI ÉTÉ ASPIRÉ PAR UN NEURONE
PUIS PARACHUTÉ DANS UN ESSAIM DE MONSTRES
ET MAINTENANT, J'AI FAILLI ME NOYER...
QUE VA-T-IL ENCORE M'ARRIVER!?
QUI ÊTES-VOUS D'AILLEURS?
QUE SE PASSE-T-IL DANS CE SOUS-MARIN?



DÉTENDEZ-VOUS MON AMI, VOUS
ÊTES EN SÉCURITÉ. JE SUIS SIR
ALAN HODGKIN ET VOICI MON
ASSOCIÉ, SIR **ANDREW HUXLEY**.
ENSEMBLE, NOUS AVONS ÉTUDIÉ
COMMENT UN SIGNAL NEURONAL
EST RÉELLEMENT GÉNÉRÉ.
LAISSEZ-MOI VOUS
MONTRER...



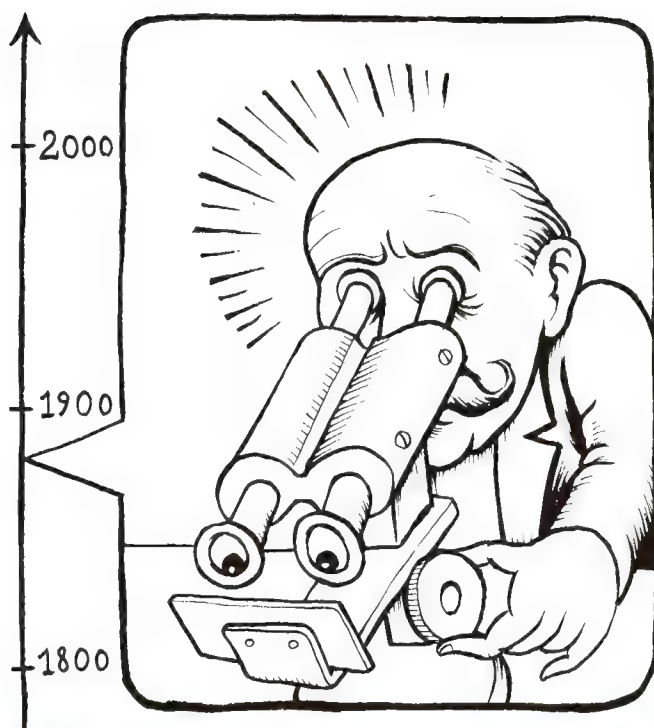
REGARDEZ : DE L'ÉLECTRICITÉ!
C'EST LE SECRET DU
CERVEAU!



EN FAIT, CE
N'EST PAS
DU TOUT UN
SECRET...

BIEN AVANT QUE GOLGI
NE COMMENCE À OBSERVER
LES NEURONES AU MICROSCOPE,
ON SAVAIT QUE LE
SYSTÈME NERVEUX
EST UNE MACHINE ÉLECTRIQUE.

AU XVIII^e SIÈCLE,
UN AUTRE SCIENTIFIQUE
ITALIEN AVAIT DÉCOUVERT
QUE LES MUSCLES PEUVENT
ÊTRE CONTRÔLÉS PAR L'ÉLECTRICITÉ.



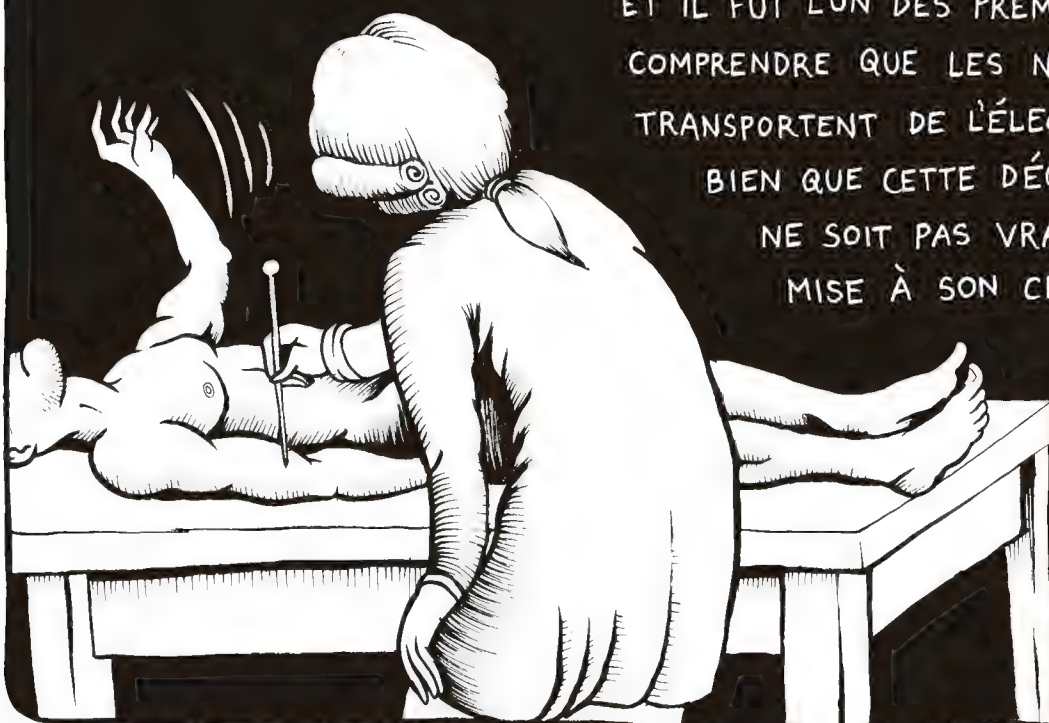
LUIGI GALVANI S'ÉTAIT INTÉRESSÉ AUX EFFETS DE
L'ÉLECTRICITÉ SUR LE CORPS HUMAIN.



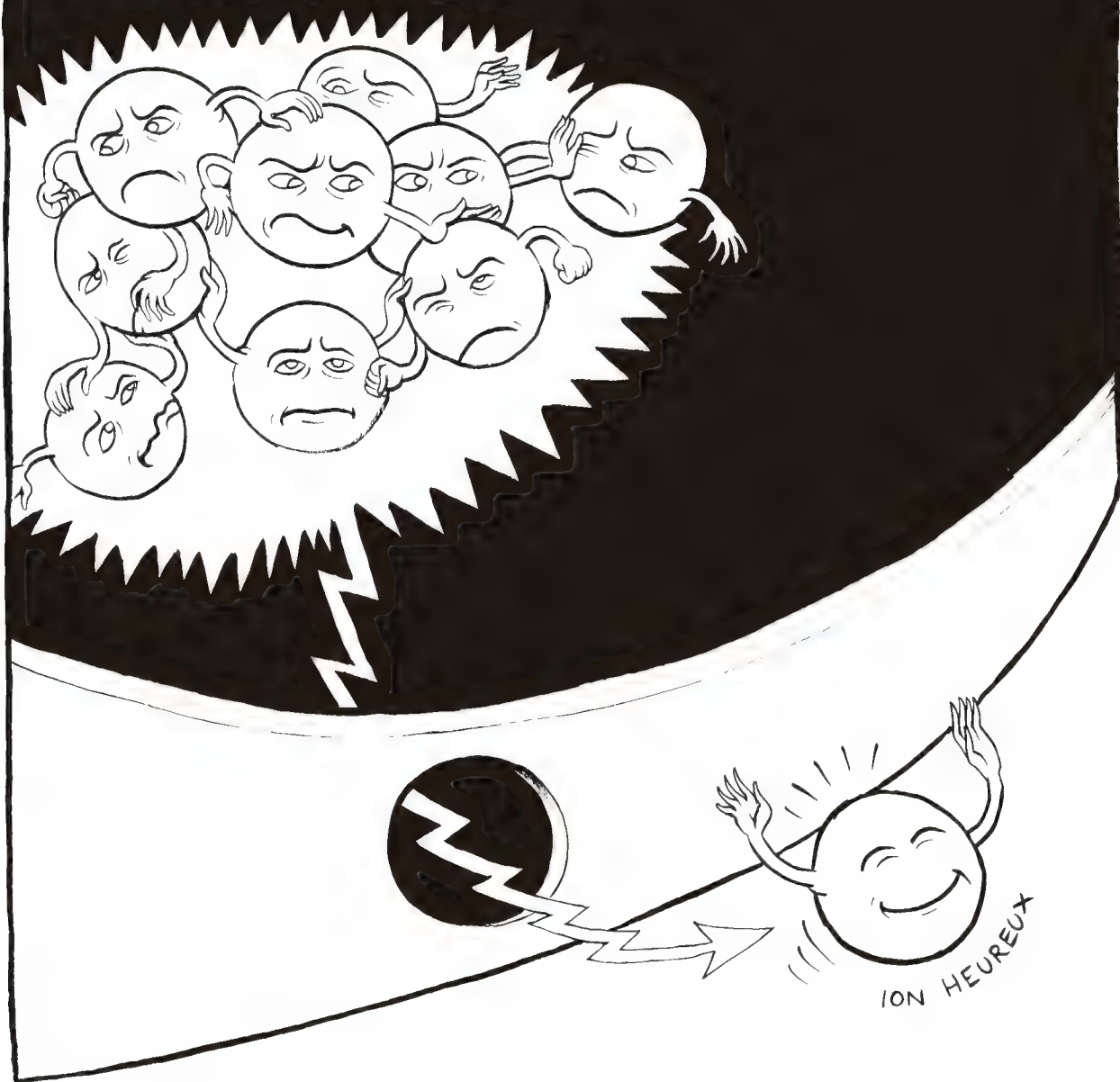
UN JOUR, GALVANI ÉCORCHA UNE
GRENOUILLE AFIN DE MENER DES
EXPÉRIENCES SUR L'ÉLECTRICITÉ STATIQUE.
SON ASSISTANT TOUCHA UN NERF DÉNUDÉ
DE LA GRENOUILLE AVEC UN SCALPEL EN
MÉTAL CE QUI CRÉA UNE DÉCHARGE ÉLECTRIQUE.
AU MÊME MOMENT, ILS VIRENT UNE
ÉTINCELLE ET LA PATTE DE LA GRENOUILLE SE
MIT À BOUGER COMME SI ELLE ÉTAIT VIVANTE!



GALVANI RÉPÉTA L'EXPÉRIENCE
SUR D'AUTRES ORGANISMES VIVANTS
ET IL FUT L'UN DES PREMIERS À
COMPRENDRE QUE LES NERFS
TRANSPORTENT DE L'ÉLECTRICITÉ,
BIEN QUE CETTE DÉCOUVERTE
NE SOIT PAS VRAIMENT
MISE À SON CRÉDIT.



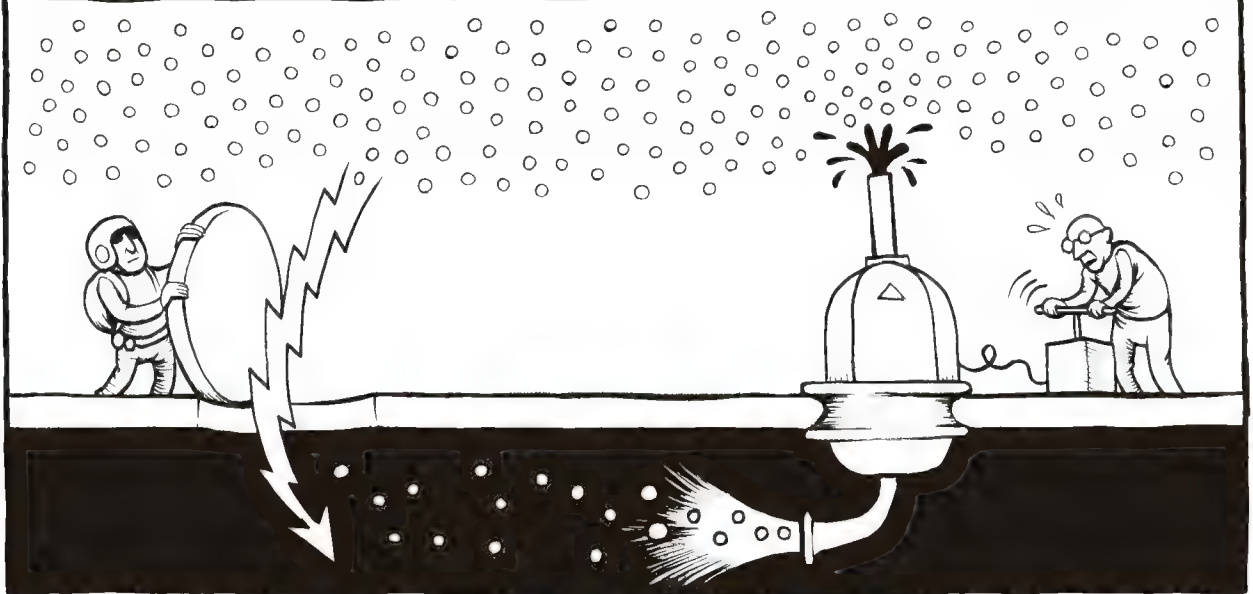
L'ÉLECTRICITÉ ⚡ EST PRODUITE PAR UN FLUX
D'IONS (PARTICULES CHARGÉES ÉLECTRIQUEMENT) D'UNE RÉGION À L'AUTRE.
VOYEZ-VOUS, LES IONS DE MÊME CHARGE SE REPOUSSENT.
S'ILS SONT NOMBREUX À L'INTÉRIEUR DE LA CELLULE, ILS ONT
TENDANCE À S'ÉCHAPPER PAR DES PORES, PRODUISANT AINSI
UN COURANT ÉLECTRIQUE.



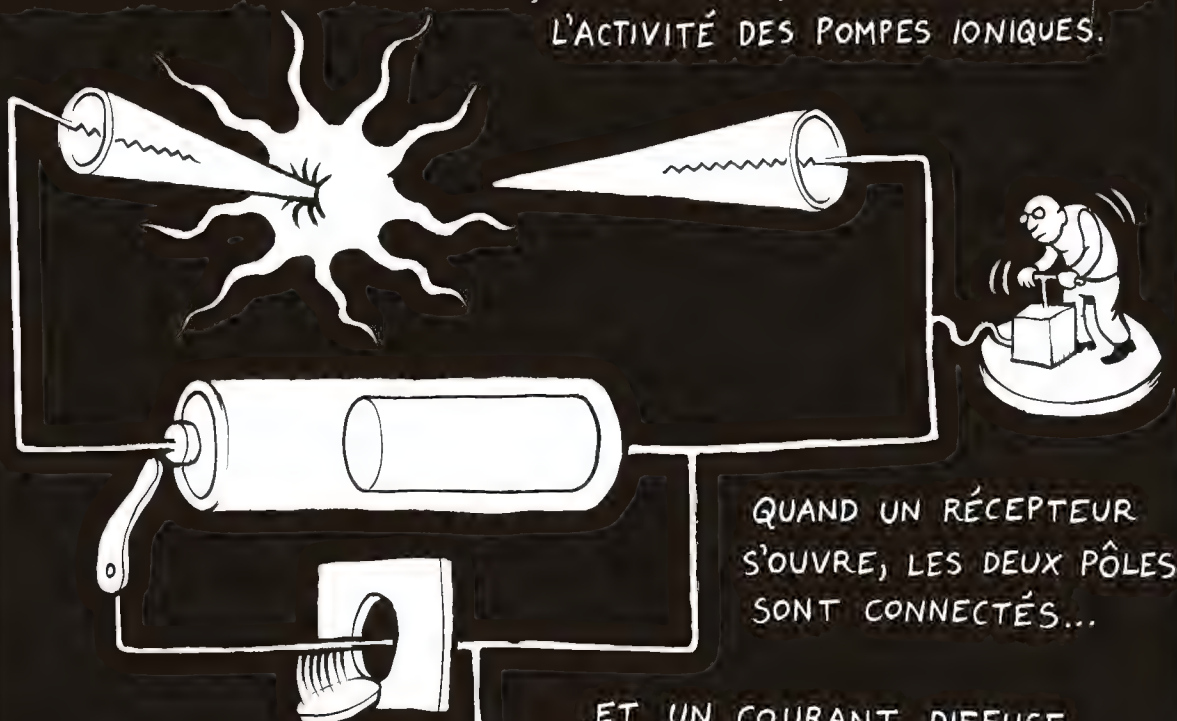
C'EST EXACTEMENT CE QUI SE PASSE
DANS LE NEURONE: LES NOMBRES
D'IONS À L'INTÉRIEUR ET À
L'EXTÉRIEUR DE LA CELLULE DIFFÈRENT,
CECI GRÂCE À DES **POMPES
IONIQUES** QUI MAINTIENNENT
UN POTENTIEL ÉLECTRIQUE
À TRAVERS LA
MEMBRANE
CELLULAIRE.



QUAND LES NEUROTRANSMETTEURS SE FIXENT SUR LES RÉCEPTEURS
POST-SYNAPTIQUES, LES IONS, QUI SONT NOMBREUX À L'EXTÉRIEUR DE
LA CELLULE, PÉNÈTRENT RAPIDEMENT À L'INTÉRIEUR, GÉNÉRANT UN COURANT
ÉLECTRIQUE DANS LE NEURONE EN MODIFIANT SON POTENTIEL DE MEMBRANE.



IMAGINEZ QUE L'INTÉRIEUR ET L'EXTÉRIEUR D'UNE CELLULE CONSTITUENT LES DEUX PÔLES D'UNE BATTERIE, LA MEMBRANE, CHARGÉE DU FAIT DE L'ACTIVITÉ DES POMPES IONIQUES.



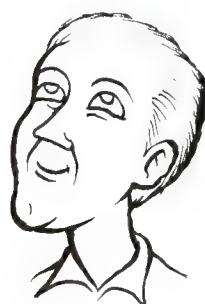
QUAND UN RÉCEPTEUR S'OUVRE, LES DEUX PÔLES SONT CONNECTÉS...

...ET UN COURANT DIFFUSE À TRAVERS LA MEMBRANE.

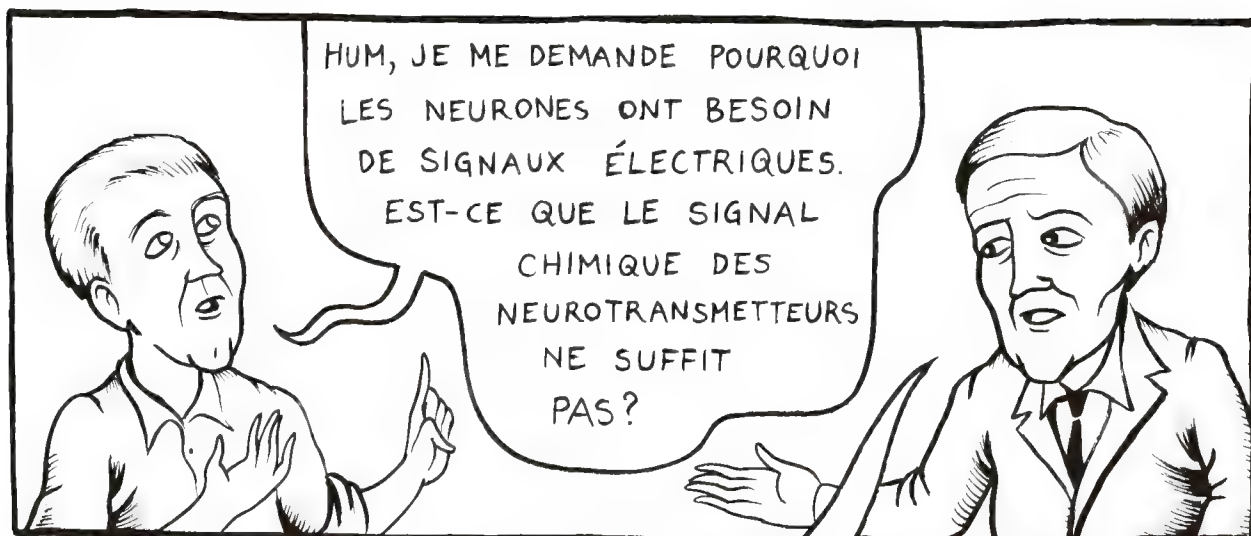
CHACQUE RÉCEPTEUR PRODUIT UN COURANT D'INTENSITÉ ET DE DURÉE DIFFÉRENTES.

QUAND SUFFISAMMENT DE COURANT TRAVERSE LA CELLULE AU MÊME MOMENT, LA "LUMIÈRE" JAILLIT,

ET LA CELLULE ÉMET UN NOUVEAU SIGNAL!



LUMINEUX!

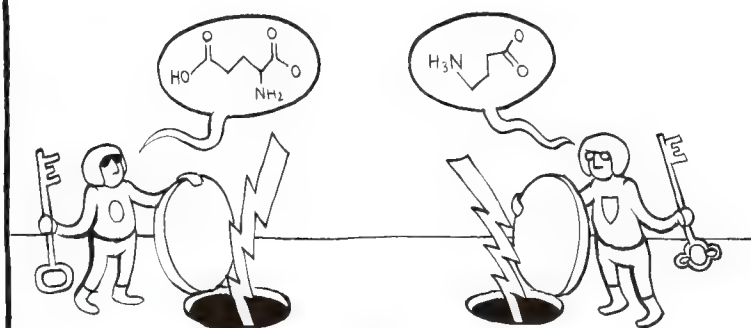


NON, NON, NON, LE CERVEAU A BESOIN DES DEUX!
TOUT D'ABORD PARCE QUE LE SIGNAL ÉLECTRIQUE CIRCULE
PLUS VITE SUR TOUTE
LA LONGUEUR DU CORPS,
CE QUI PEUT ÊTRE UNE
QUESTION DE VIE OU DE MORT.

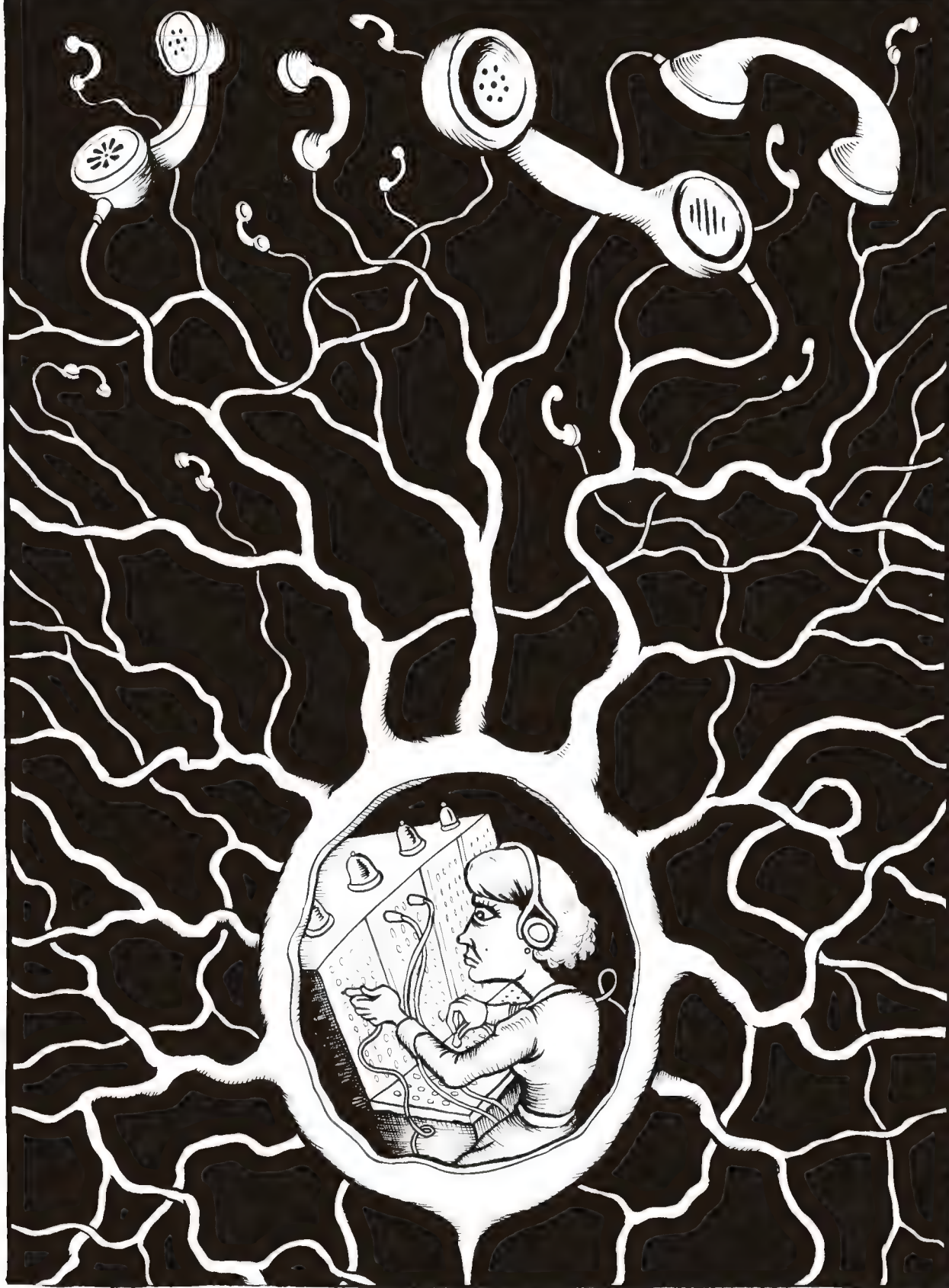


MAIS AUSSI PARCE QUE TRADUIRE LES SIGNAUX CHIMIQUES

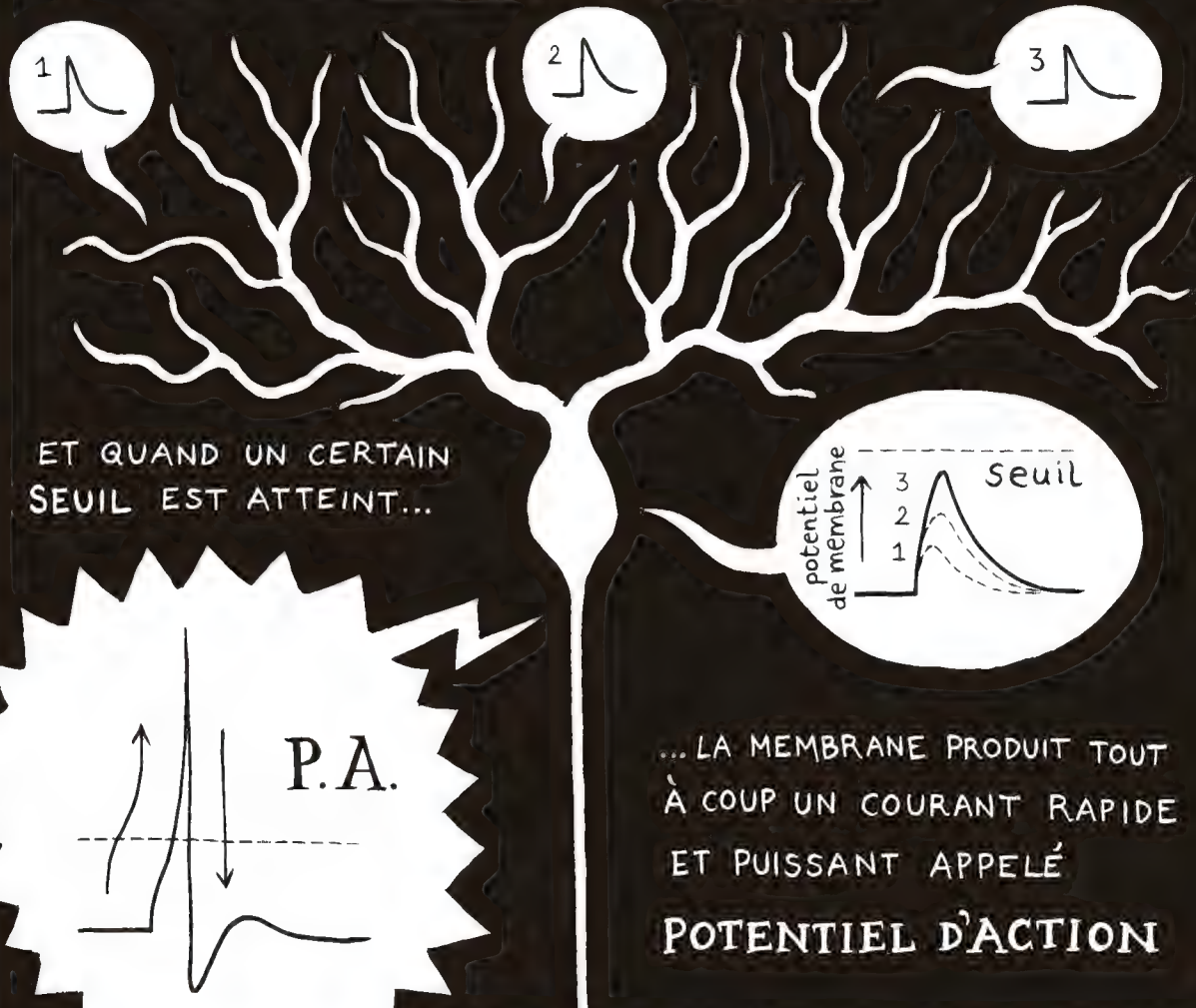
EN COURANTS
ÉLECTRIQUES
PERMET AU
NEURONE DE
LES COMBINER
ET DE
LES TRAITER
DE MANIÈRE
INTÉGRATIVE.



MAIS COMMENT TOUS CES COURANTS ÉLECTRIQUES SE COMBINENT-ILS?



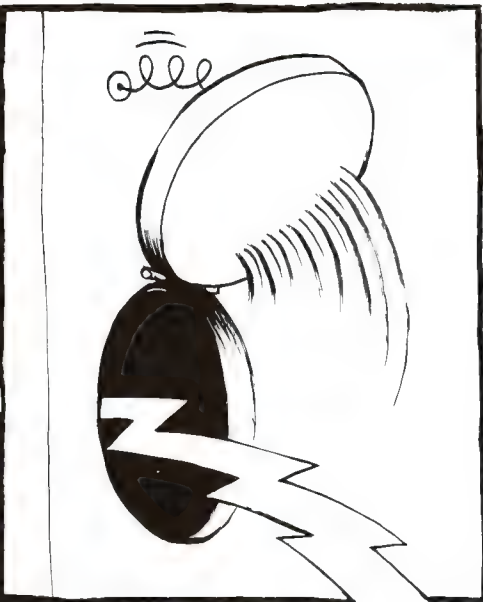
CHAQUE SYNAPSE PRODUIT UN FAIBLE SIGNAL ÉLECTRIQUE
QUI S'ADDITIONNE AUX AUTRES DANS LE SOMA

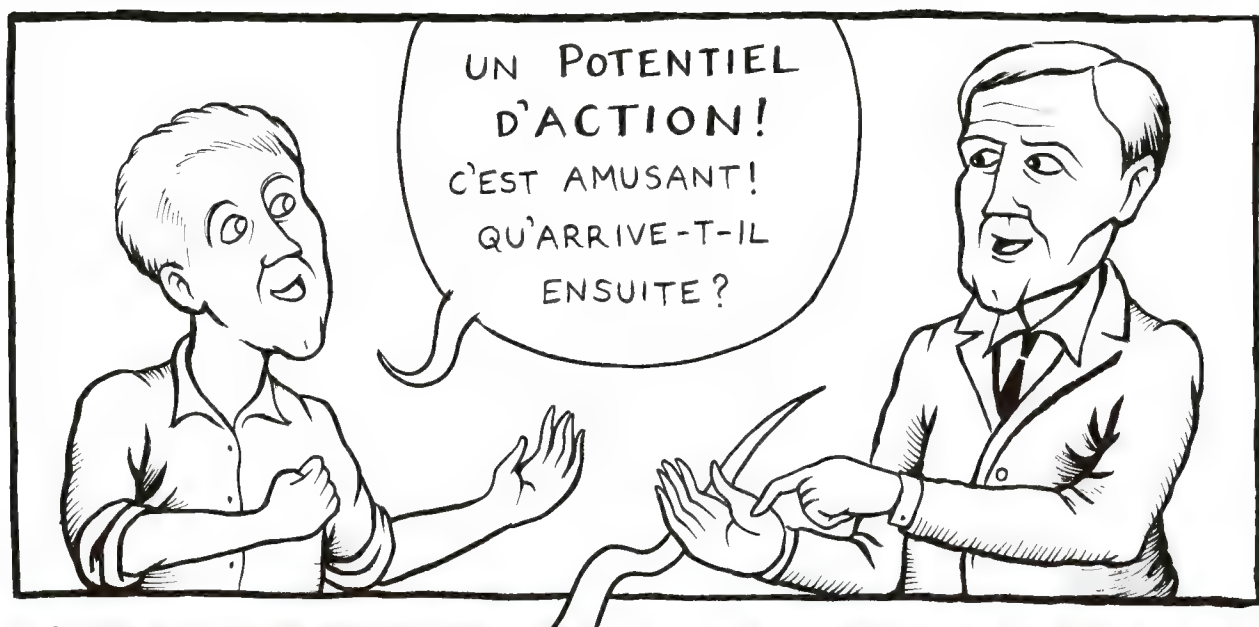


ET QUAND UN CERTAIN
SEUIL EST ATTEINT...

... LA MEMBRANE PRODUIT TOUT
À COUP UN COURANT RAPIDE
ET PUISSANT APPELÉ
POTENTIEL D'ACTION

CELUI-CI EST GÉNÉRÉ
PAR DE PETITS CANAUX
SITUÉS LE LONG DE
L'AXONE QUI
RÉAGISSENT DÈS QUE
LE **POTENTIEL DE
MEMBRANE** ATTEINT
LA VALEUR
DU SEUIL.





CE SIGNAL ÉLECTRIQUE PARCOURT PAR EFFET DOMINO TOUTE LA LONGUEUR DE L'AXONE QUI EST RICHE EN CANAUX VOLTAGE-DÉPENDANTS ET CIRCULE PAR OUVERTURE DES CANAUX ADJACENTS...





HÉ, QUE DIABLE S'EST-IL PASSÉ?

LE
KRAKEN!

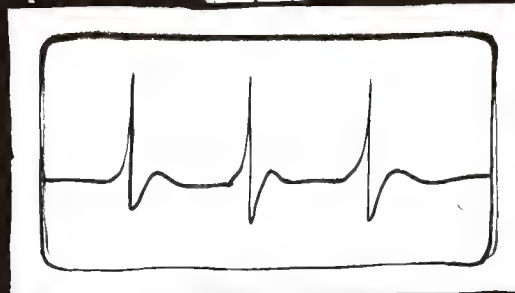
QUI?

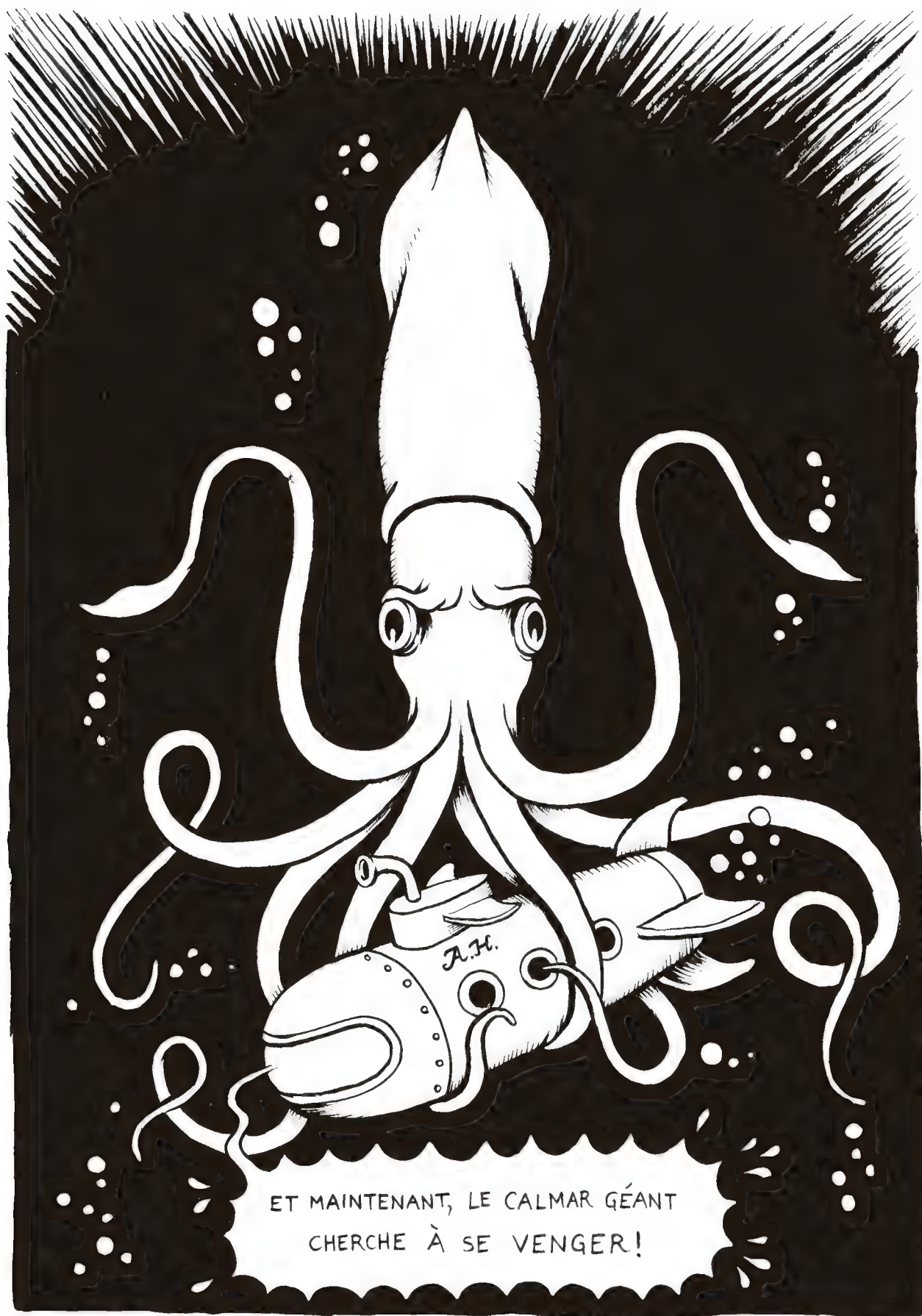


EH BIEN, VOYEZ-VOUS...
C'ÉTAIT QUASIMENT IMPOSSIBLE
D'ENREGISTRER CES COURANTS
ÉLECTRIQUES À PARTIR DE
STRUCTURES AUSSI PETITES
QUE DES NEURONES.



ALORS POUR RÉALISER NOS
EXPÉRIENCES, NOUS AVONS
DÛ UTILISER DES CALMARS QUI
ONT DES AXONES GÉANTS
D'1mm DE DIAMÈTRE...

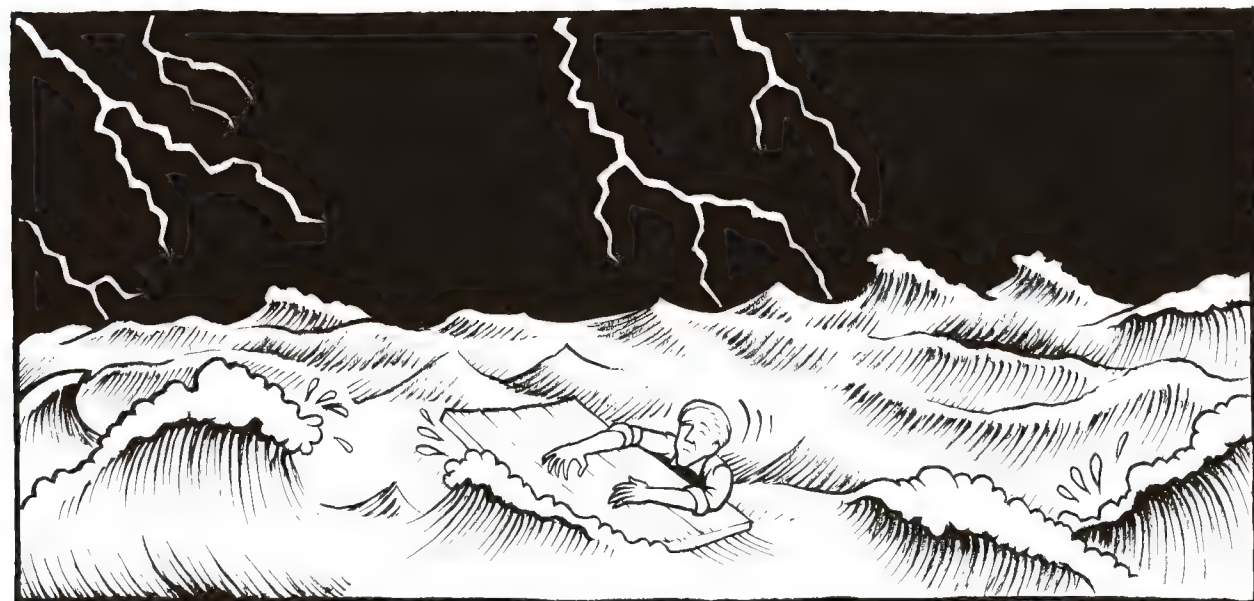




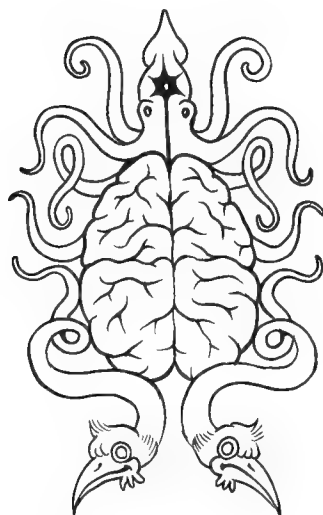
ET MAINTENANT, LE CALMAR GÉANT
CHERCHE À SE VENGER!



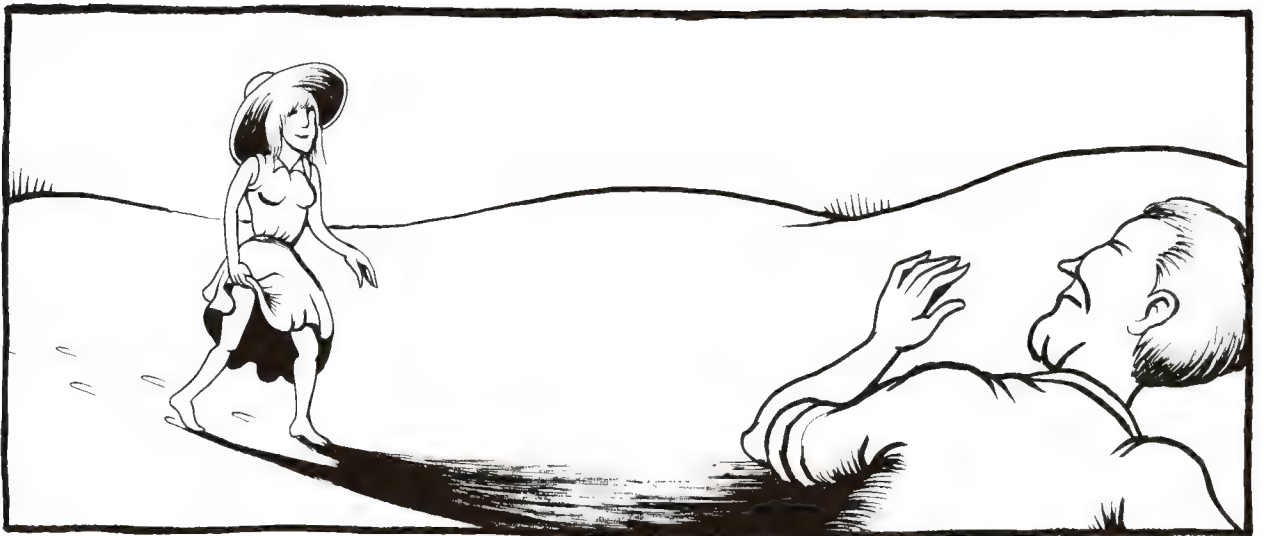




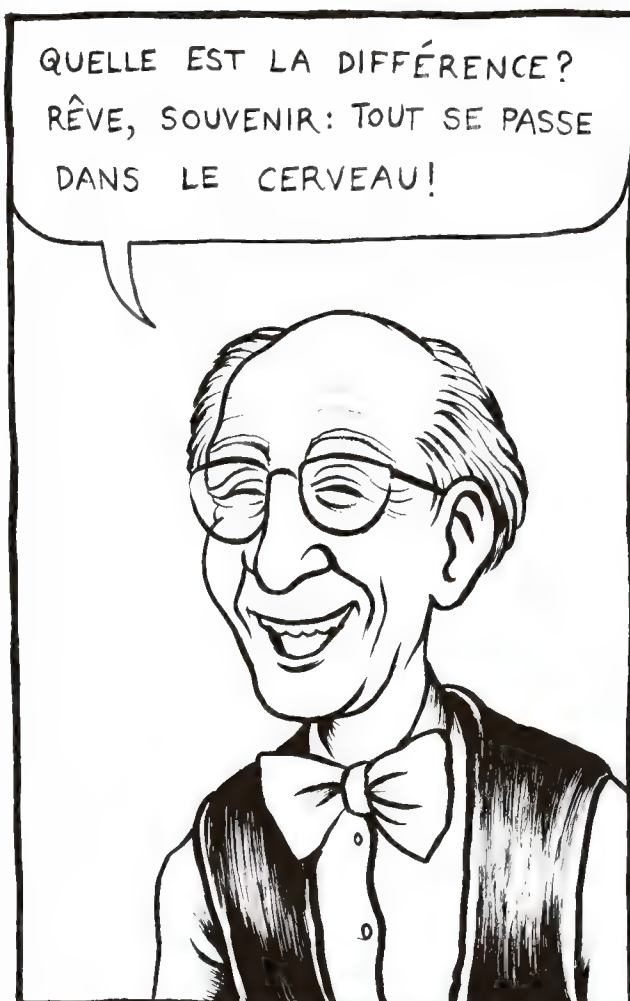
















...APPRENDRE À JOUER D'UN INSTRUMENT, PAR EXEMPLE.
C'EST LA MÉMOIRE PROCÉDURALE PRÉSENTE MÊME CHEZ LES
ORGANISMES SIMPLES COMME L'APLYSIE.



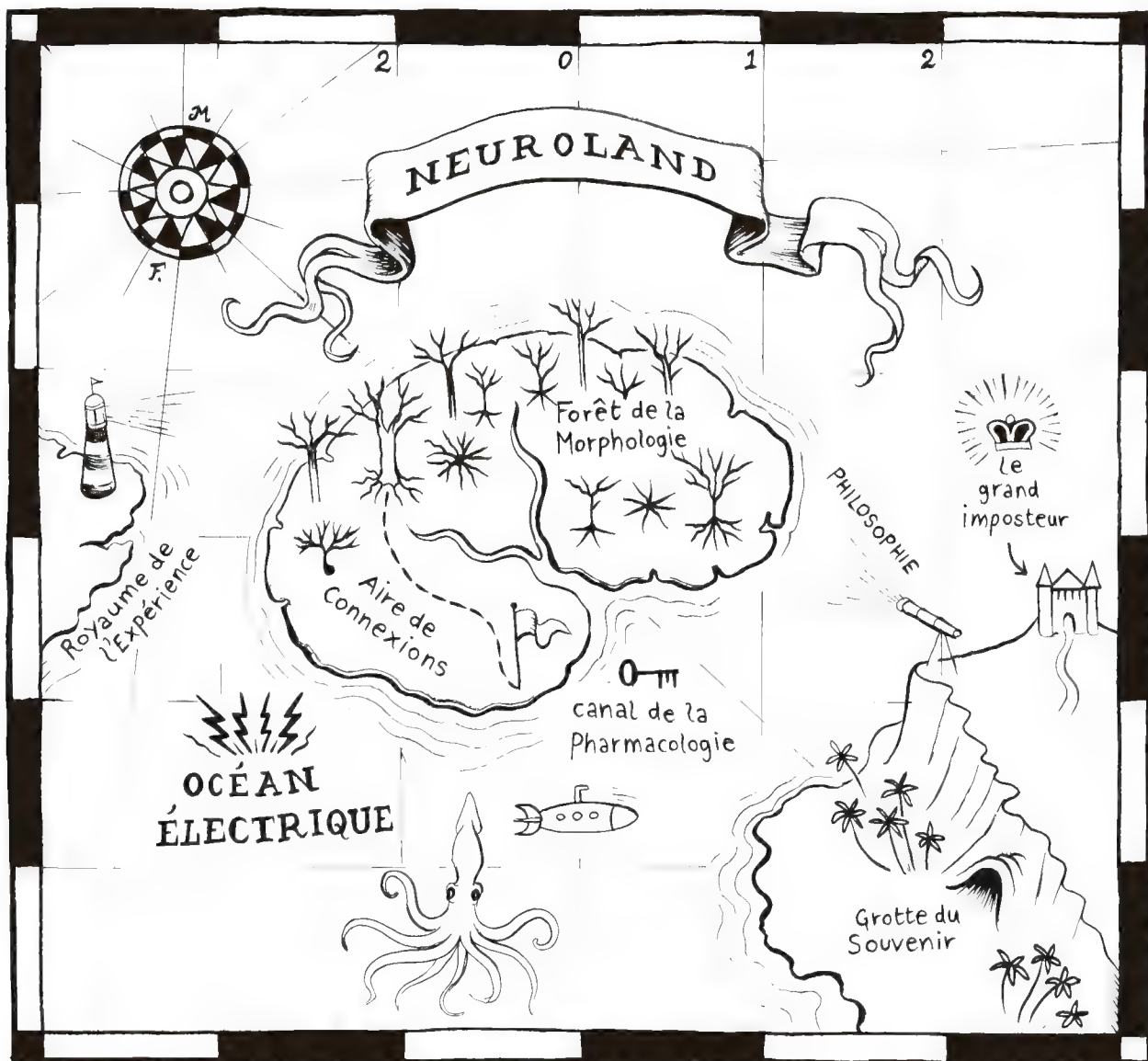
ET PUIS IL Y A UN SECOND TYPE
DE MÉMOIRE, ASSOCIÉ À DES
LIEUX OU DATES PRÉCIS, AYANT
EN GÉNÉRAL UNE FORTE
COMPOSANTE ÉMOTIONNELLE.

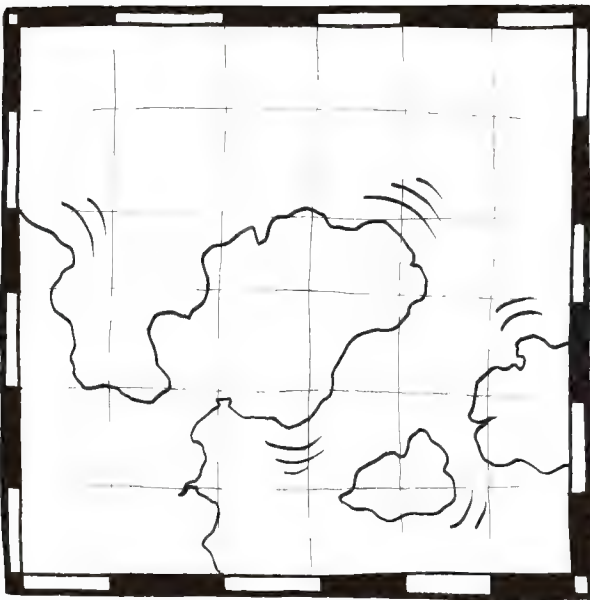


CE SECOND TYPE DE MÉMOIRE EST STOCKÉ DANS L'**HIPPOCAMPE**,
L'ARCHIVISTE DU CERVEAU. IL DOIT GÉRER TOUTES LES DATES,
LES LIEUX ET LES ÉVÉNEMENTS IMPORTANTS DE VOTRE VIE...



ALORS, VOUS DEVEZ
AVOIR ICI CE QU'IL FAUT
POUR M'AIDER À RETROUVER
MON CHEMIN...





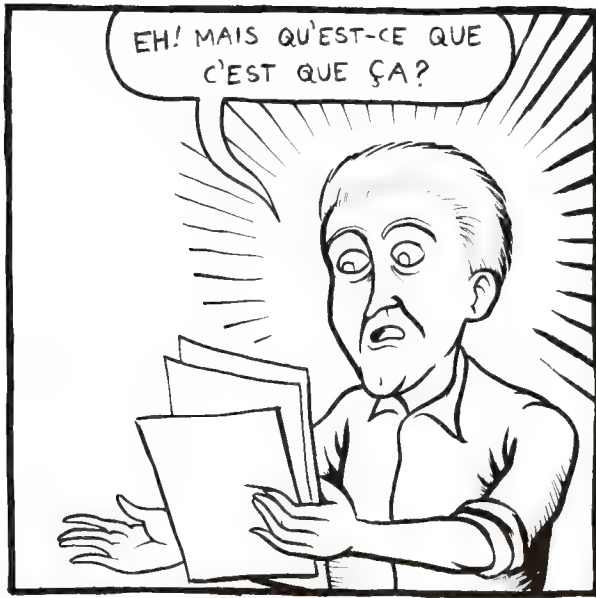
CETTE CARTE ÉTRANGE CHANGE
TOUT LE TEMPS! COMMENT
SUIS-JE SENSÉ LA LIRE?



BIEN SÛR! C'EST TOUTE
LA PUISSANCE DU CERVEAU:
IL EST DOUÉ DE PLASTICITÉ!
QUAND VOUS APPRENEZ QUELQUE
CHOSE, CE N'EST PAS GRAVÉ
DANS LE MARBRE,
C'EST CONTINUUELLEMENT
REMODELÉ PAR
L'EXPÉRIENCE.



MAIS JE DOIS
TROUVER UN MOYEN
DE SORTIR D'ICI!



POURRIEZ-VOUS, S'IL VOUS PLAÎT,
M'INDIQUER COMMENT LES
SOUVENIRS SE SONT
FORMÉS ?



HUM, C'EST UNE
QUESTION PLUTÔT
COMPLEXE...



OH, ÉCOUTEZ: LA CLOCHE !
PAVLOV RÉALISE UNE
NOUVELLE EXPÉRIENCE.

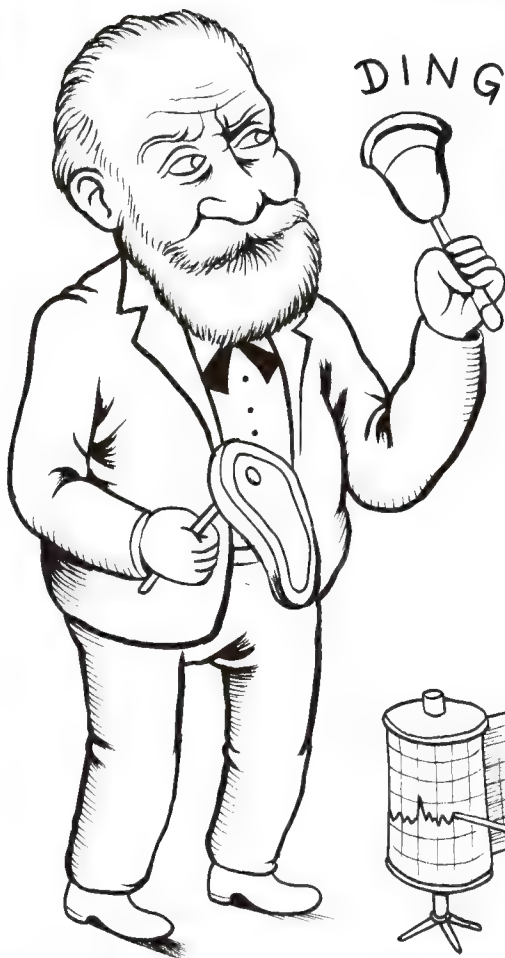
♪ DING



VENEZ AVEC MOI, CELA
VA CLARIFIER LES CHOSSES...



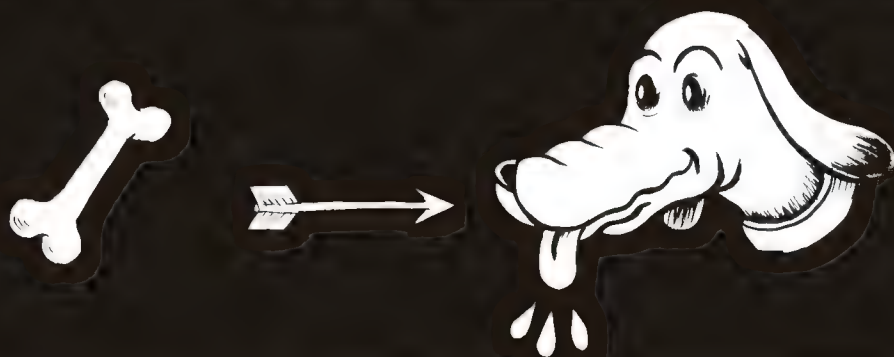
IVAN PAVLOV A ÉTÉ L'UN DES
PREMIERS À ÉTUDIER LA MÉMOIRE.
EN 1897, EN RUSSIE, IL A RÉALISÉ
DES EXPÉRIENCE CLASSIQUES
DE CONDITIONNEMENT
DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE
CHEZ LE CHIEN.



DING



LES CHIENS ONT UN RÉFLEXE NATUREL DE SALIVATION (RÉFLEXE INCONDITIONNEL)
QUAND ILS VOIENT DE LA NOURRITURE (STIMULUS INCONDITIONNEL).



CHAQUE FOIS QUE PAVLOV NOURRIT SON CHIEN, IL AGITE UNE CLOCHE
(STIMULUS CONDITIONNEL) QUI NORMALEMENT NE DÉCLENCHE PAS
DE SALIVATION.



SI L'OPÉRATION EST RÉPÉTÉE PLUSIEURS FOIS, LE CERVEAU ASSOCIE LES
DEUX STIMULI ET LE CHIEN VA SALIVER SPONTANÉMENT EN
ENTENDANT SONNER LA CLOCHE (RÉPONSE CONDITIONNELLE).





AINSI, APRÈS QUELQUES RÉPÉTITIONS, LA STIMULATION DU NEURONE ASSOCIÉ À LA CLOCHE EST SUFFISANTE POUR ACTIVER LE NEURONE NORMALEMENT ASSOCIÉ À LA NOURRITURE ET ENTRAÎNE LA SALIVATION.



PAR AILLEURS, LES CONNEXIONS ENTRE NEURONES QUI NE SONT JAMAIS STIMULÉES SIMULTANÉMENT S'AFFAIBLISSEMENT ET DISPARAISSENT.

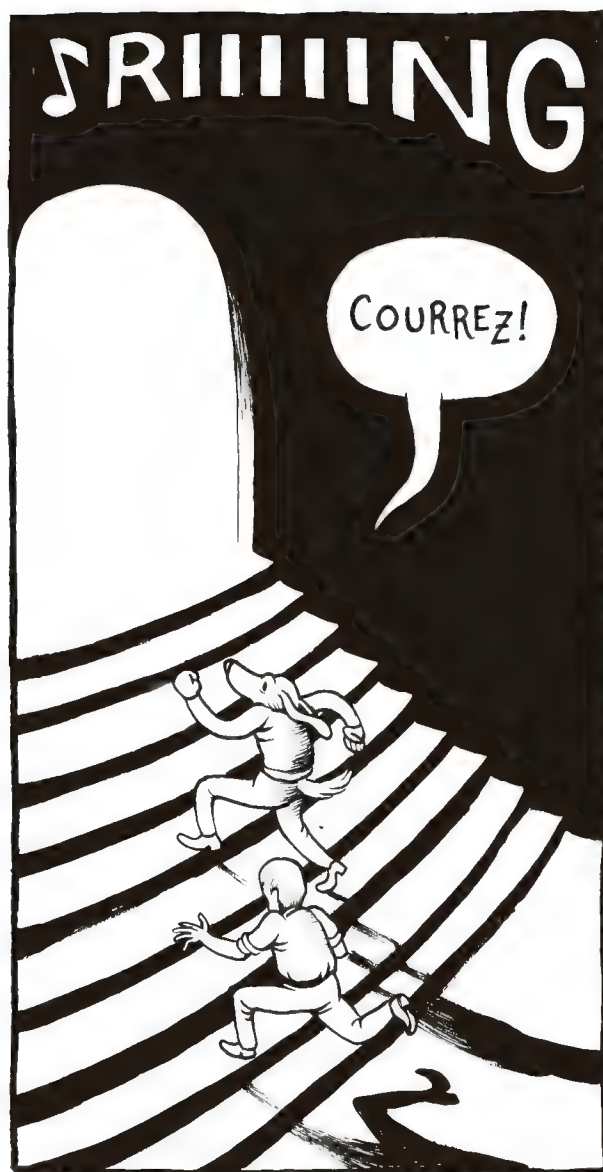


PAR CETTE COMBINAISON DE CROISSANCE ET D'ÉLAGAGE, L'EXPÉRIENCE REDESSINE LES RÉSEAUX DE NEURONES.





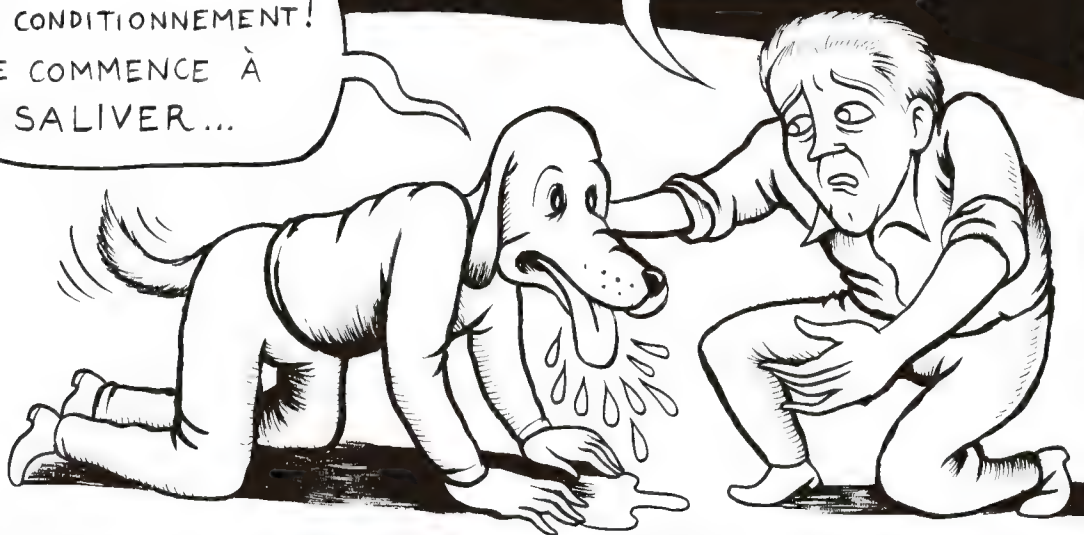




Riiiiing♪

C'EST LA CLOCHE...
MON CONDITIONNEMENT!
JE COMMENCE À
SALIVER...

ALLEZ! DEBOUT... VOUS
SAVEZ BIEN QU'IL N'Y A
PAS DE NOURRITURE!



JE NE PEUX PAS...
JE SUIS CONDITIONNÉ!

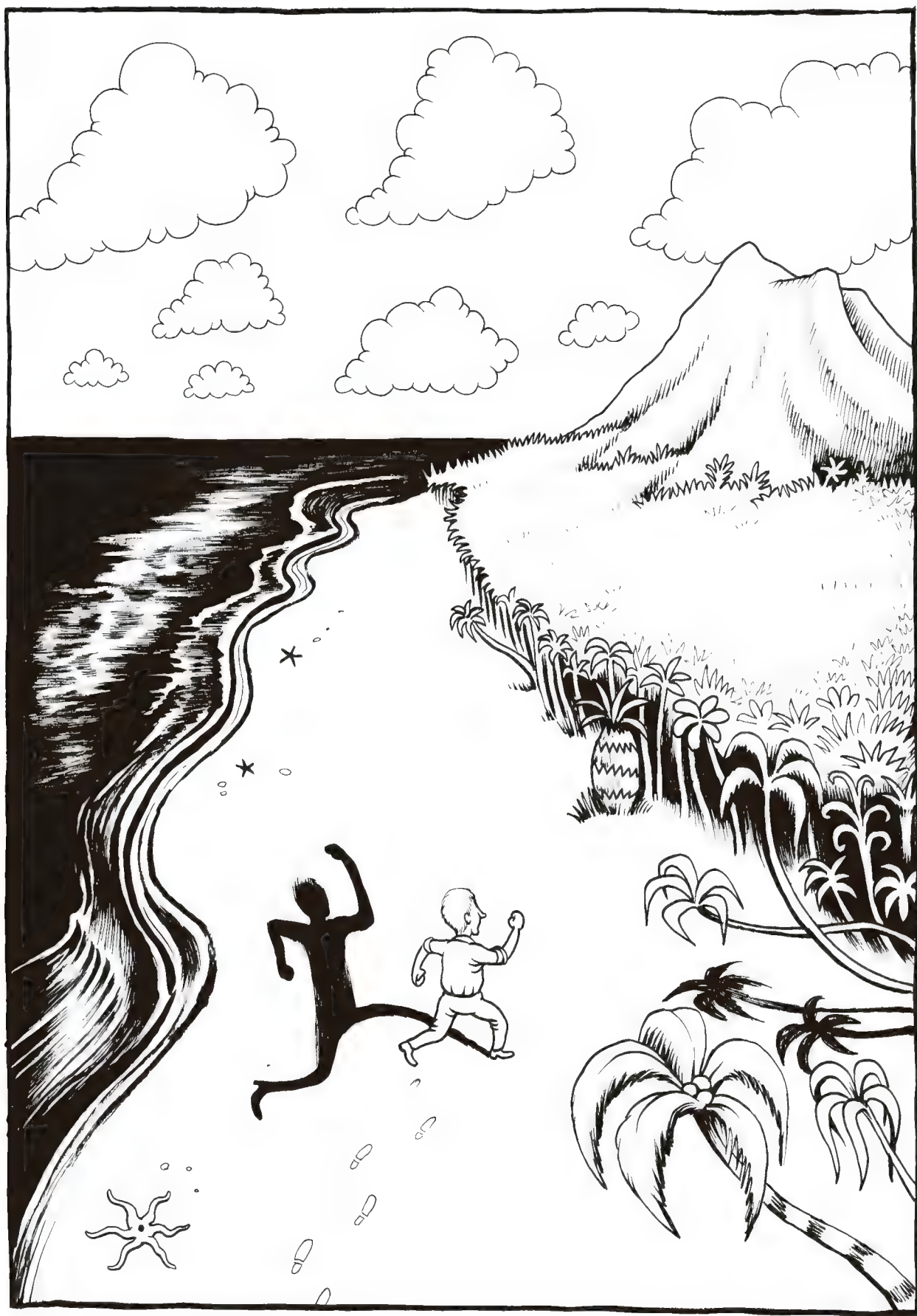
S'IL VOUS PLAÎT, DITES-MOI AU
MOINS COMMENT SORTIR D'ICI...

IL Y A UNE COLLINE ABRUPTTE
AU-DESSUS DE CETTE GROTTTE.
SI VOUS VOULEZ TROUVER
VOTRE CHEMIN, VOUS AVEZ
BESOIN D'UNE VUE D'ENSEMBLE!

MAINTENANT PARTEZ
AVANT QU'ILS NE
NOUS RATTRAPENT!

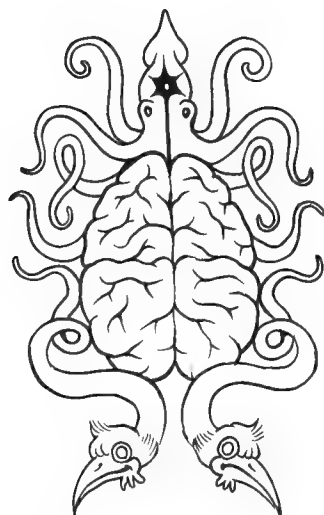


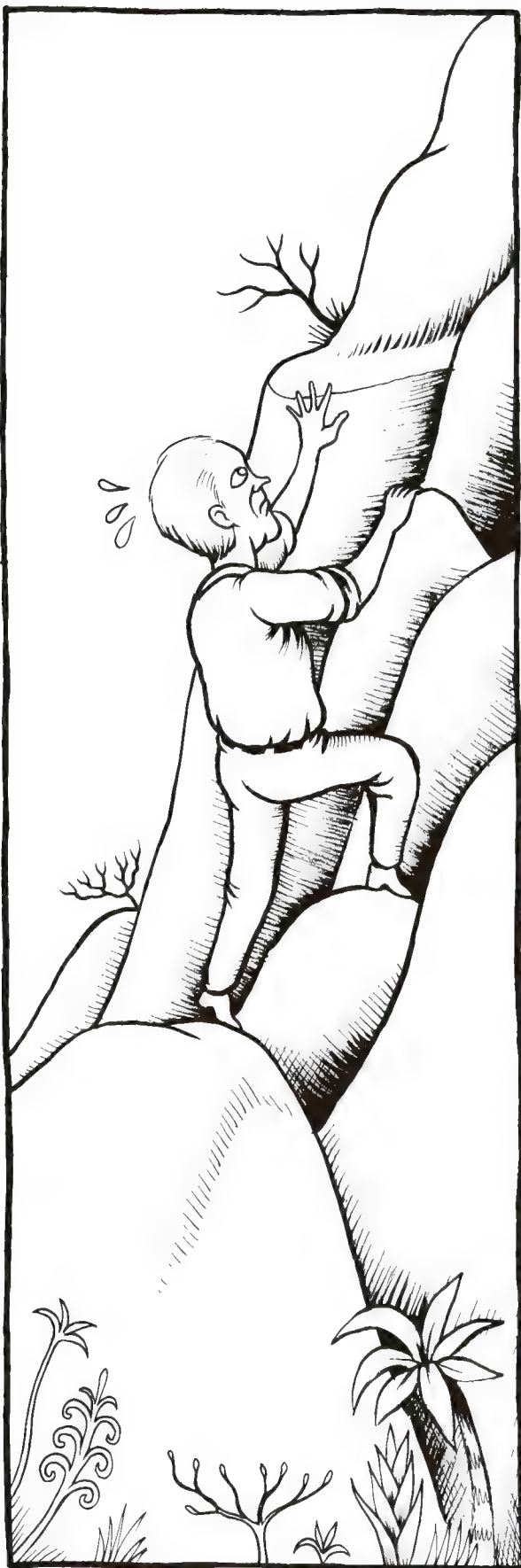


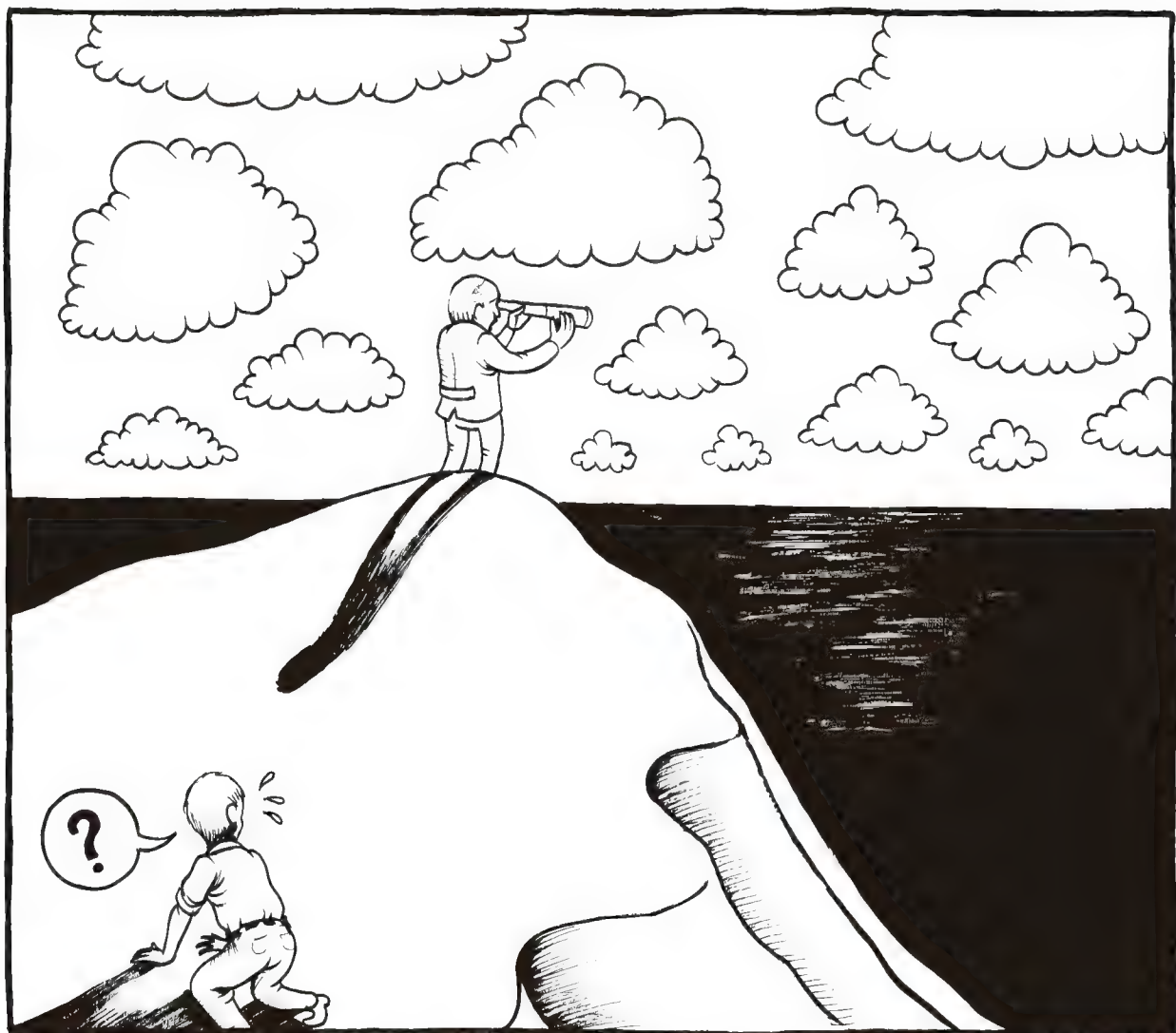




SYNCHRONISME











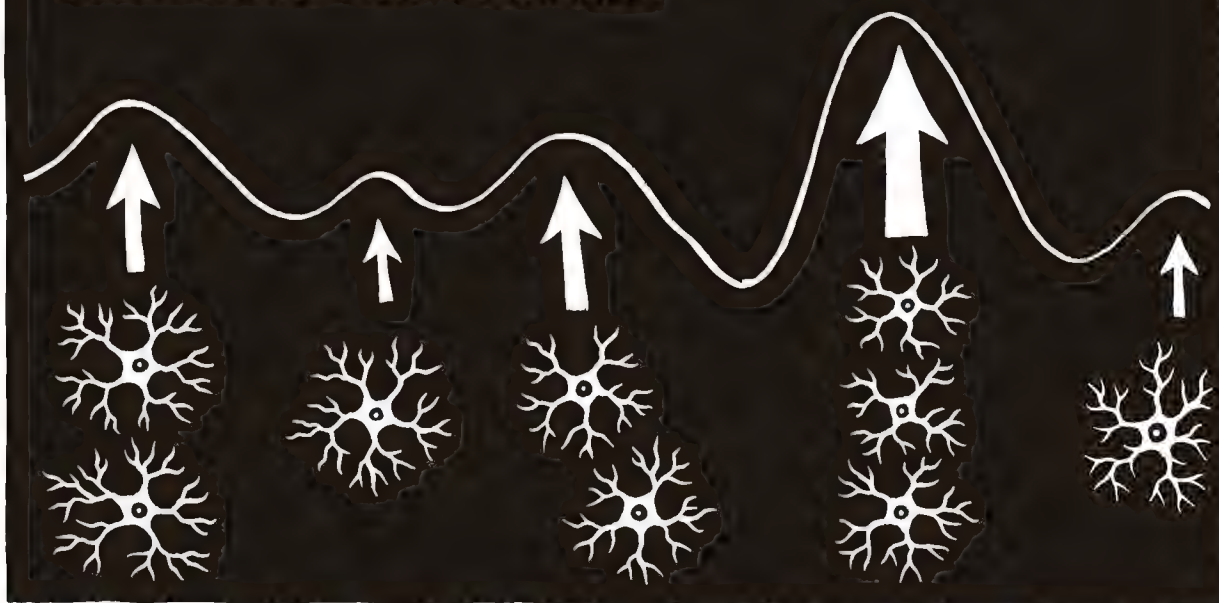
À LA SURFACE DU CERVEAU, VOUS POUVEZ APERCEVOIR DES **VAGUES**:
ELLES SONT PARFOIS PLUS FORTES, PARFOIS PLUS FAIBLES,
ET C'EST DIFFICILE D'EXPLIQUER D'OÙ ELLES VIENNENT.



MON NOM EST **HANS BERGER** ET J'AI ÉTÉ LE PREMIER
À OBSERVER CES "ONDES CÉRÉBRALES" À L'AIDE D'UNE MACHINE
QUE J'AI INVENTÉE EN 1924 (APPELÉE UN ÉLECTROENCÉPHALOGRAPHE)
QUI ENREGISTRE L'ACTIVITÉ ÉLECTRIQUE DU CERVEAU GRÂCE À
DES ÉLECTRODES PLACÉES SUR LE CRÂNE.



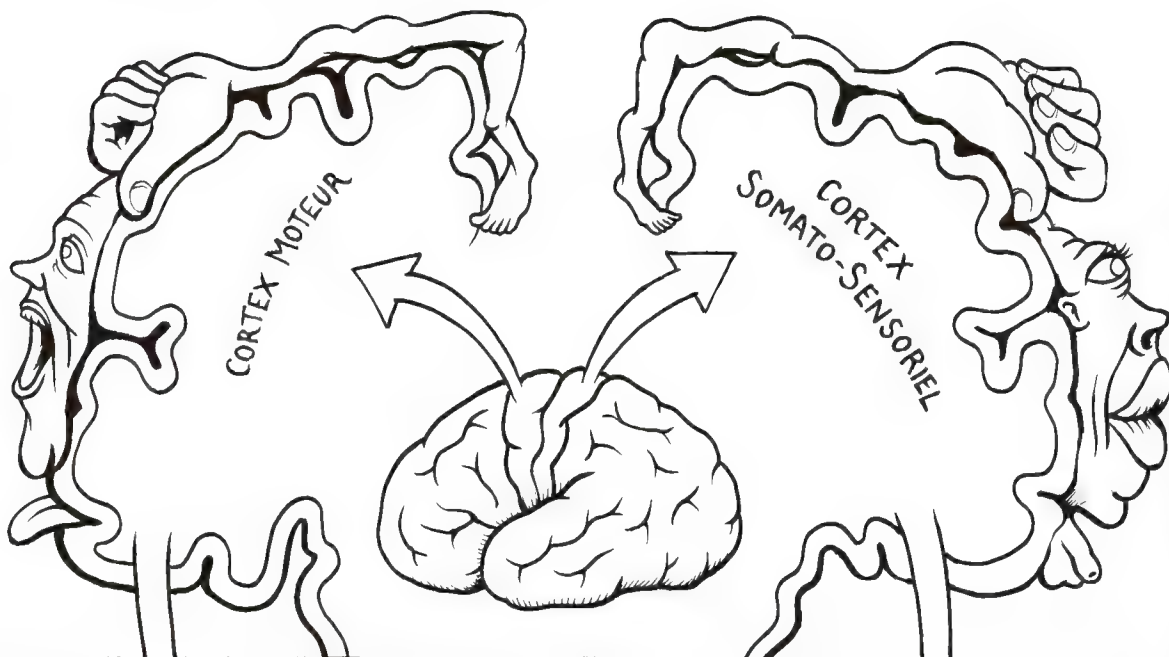
AUJOURD'HUI, LES SCIENTIFIQUES PENSENT QUE CES ONDES
REFLÈTENT L'ACTIVITÉ SYNCHRONE DE POPULATIONS DE NEURONES
AVEC DES PICS D'ACTIVITÉ CORRESPONDANT À UNE
SYNCHRONISATION MAXIMALE...



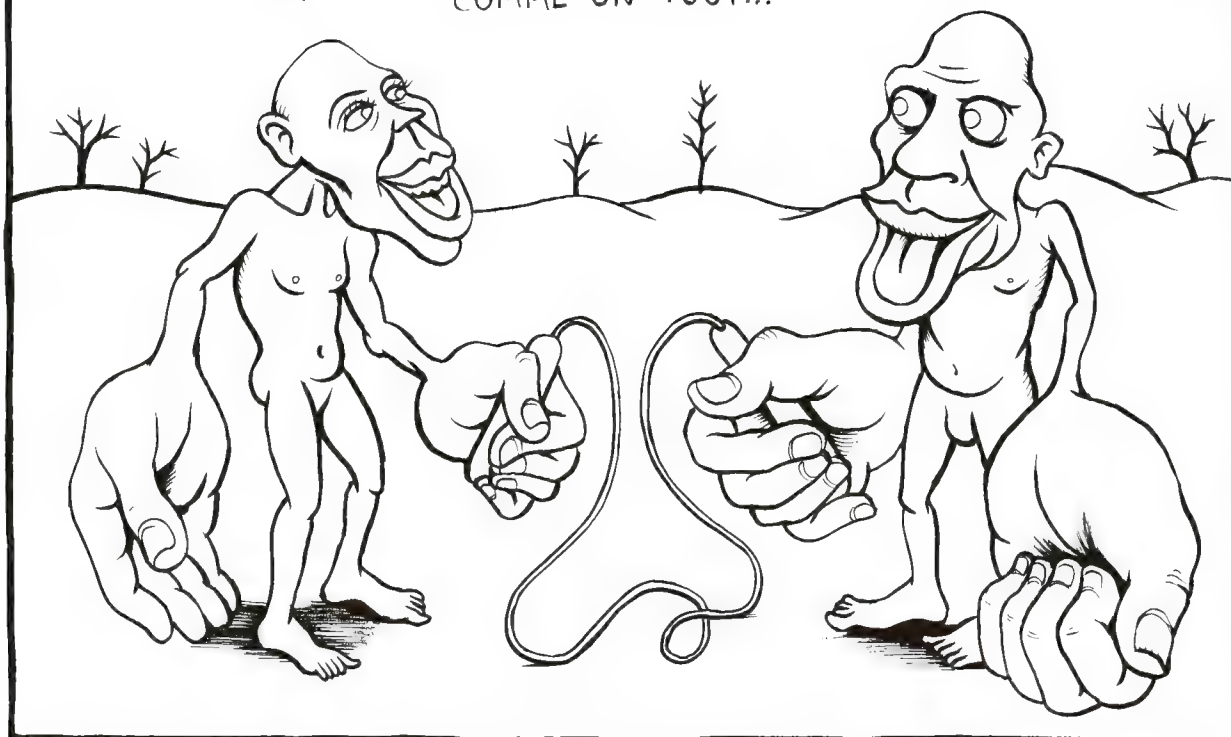
...QUOI QU'IL EN SOIT, ON NE SAIT PAS SI CETTE SYNCHRONISATION
EST SIMPLEMENT UNE COÏNCIDENCE OU SI C'EST UNE SORTE DE SYMPHONIE
DONT LE RYTHME PERMET AU CERVEAU DE LIRE LE SIGNAL DE
NEURONES INDIVIDUELS.



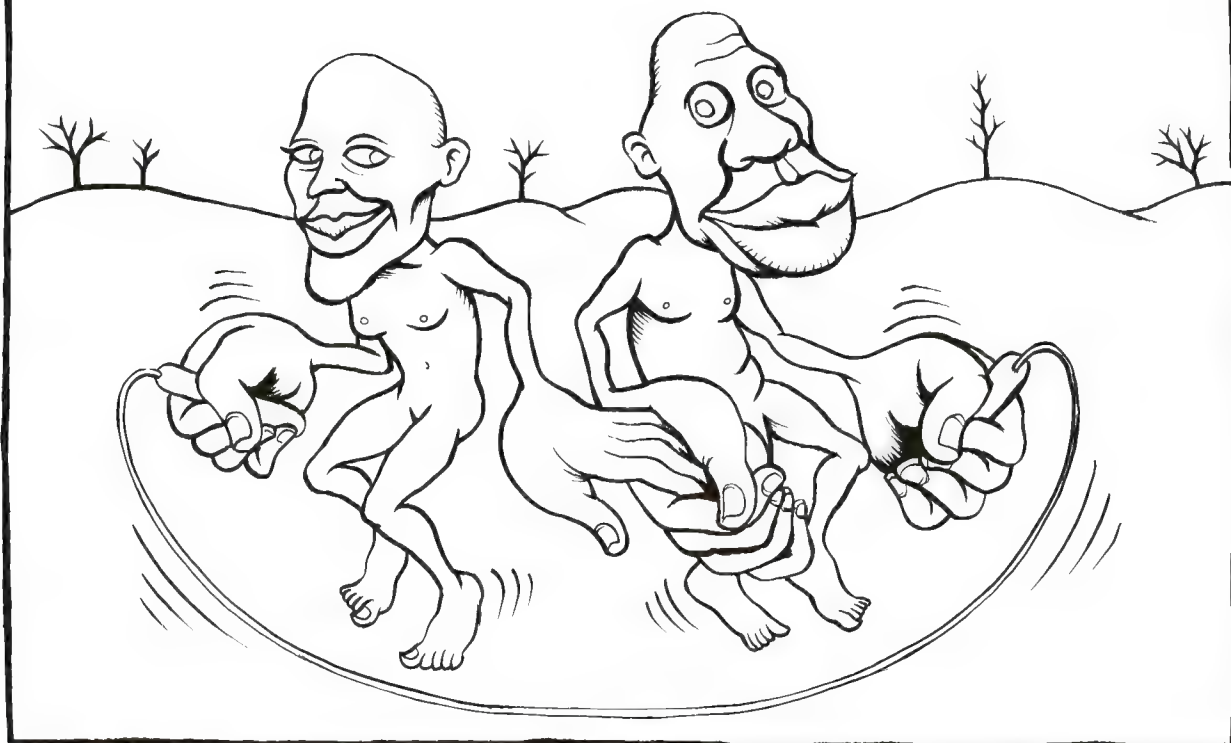
CERTAINES RÉGIONS DU CERVEAU CONTRÔLENT ET ACTIVENT DES PARTIES PRÉCISES DU CORPS.



MAIS POUR
DÉPLACER ET PERCEVOIR
LE CORPS
COMME UN TOUT...

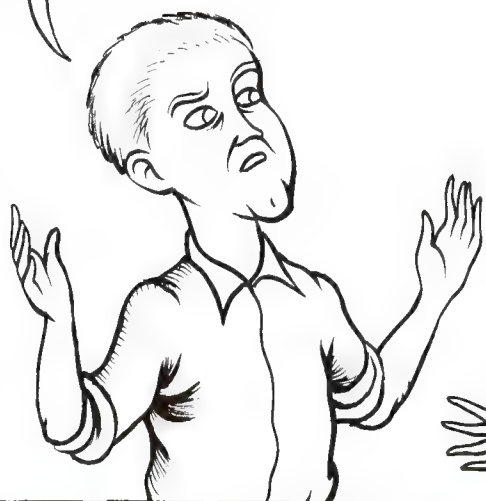


TOUTES CES PARTIES DOIVENT FONCTIONNER ENSEMBLE
ET LES ONDES CÉRÉBRALES POURRAIENT AIDER À LES COORDONNER.



MAIS QUELQUE CHOSE
QUELQUE PART DOIT BIEN
ÊTRE SOUS CONTRÔLE.
JE VEUX DIRE, QUI SUIS-JE?
EST-CE QUE LE CERVEAU
N'EST QU'UNE MACHINE?

OH, C'EST UNE QUESTION À LAQUELLE
LES SCIENTIFIQUES ET LES PHILOSOPHES
S'INTÉRESSENT DEPUIS LONGTEMPS.
ET TOUT CONDUIT À CE QU'ON APPELLE
LE PROBLÈME DU DUALISME.



MON ESPRIT
EST-IL DIFFÉRENT
DE MON
CERVEAU?



OU MON ESPRIT
N'EST-IL QUE LE PRODUIT
DE MON CERVEAU?

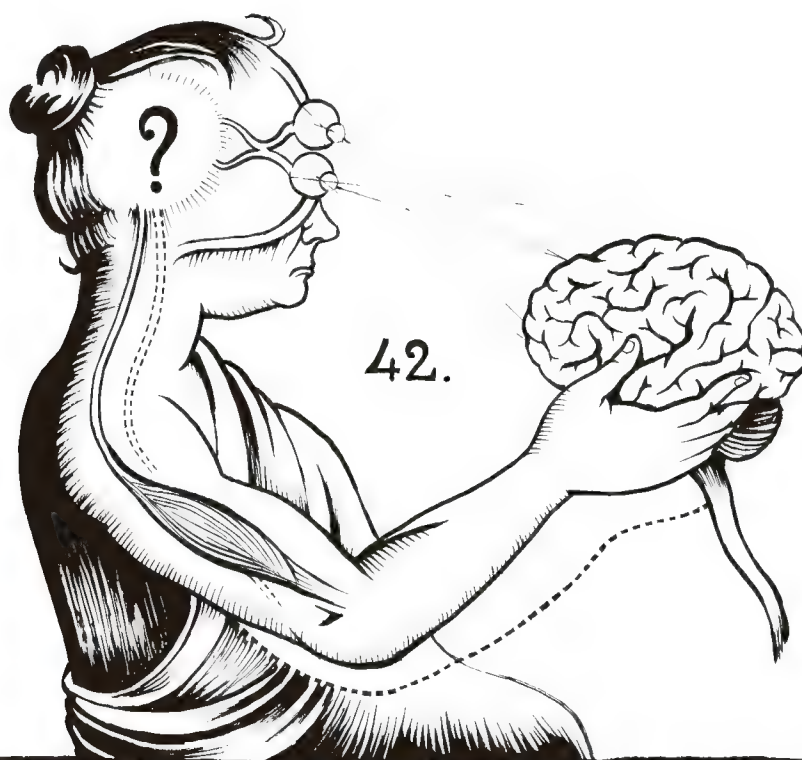


ÊTES-VOUS EN TRAIN
DE DIRE QUE L'ESPRIT
SERAIT
"L'ÂME" ?

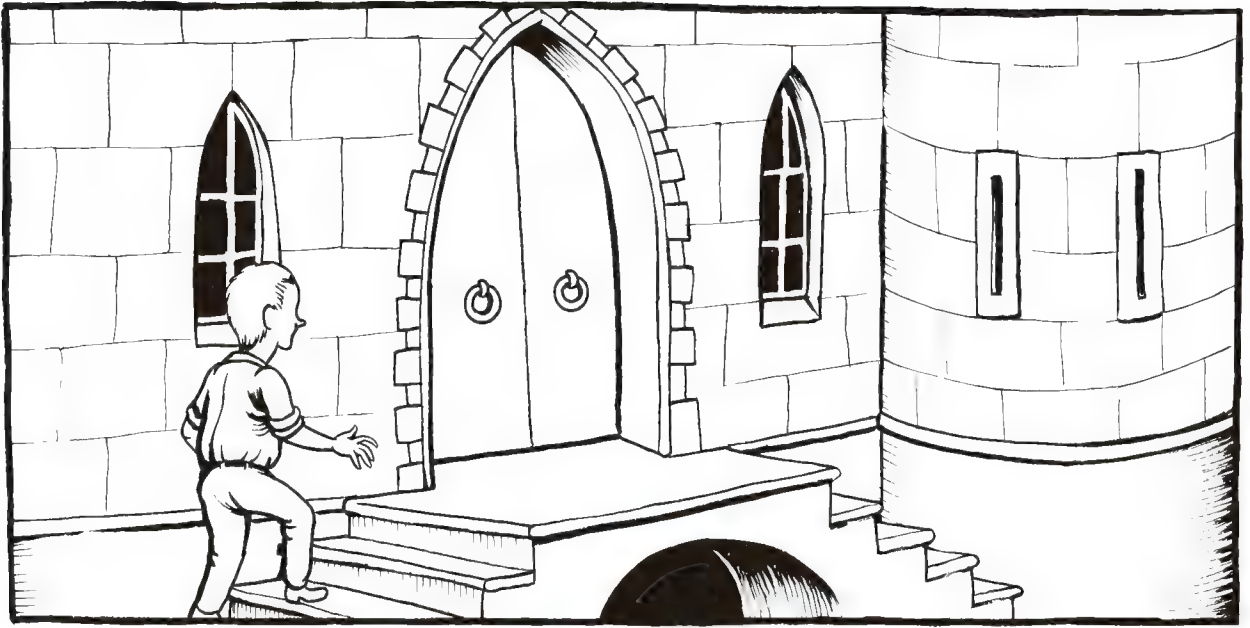
EN FAIT, LES SCIENTIFIQUES NE
PENSENT PAS EN CES TERMES...
MAIS L'ESPRIT, OU CE QUI PERMET DE
NOUS PERCEVOIR EN TANT QU'INDIVIDUS
EST LE DERNIER REMPART
AVANT L'IRRATIONNEL.

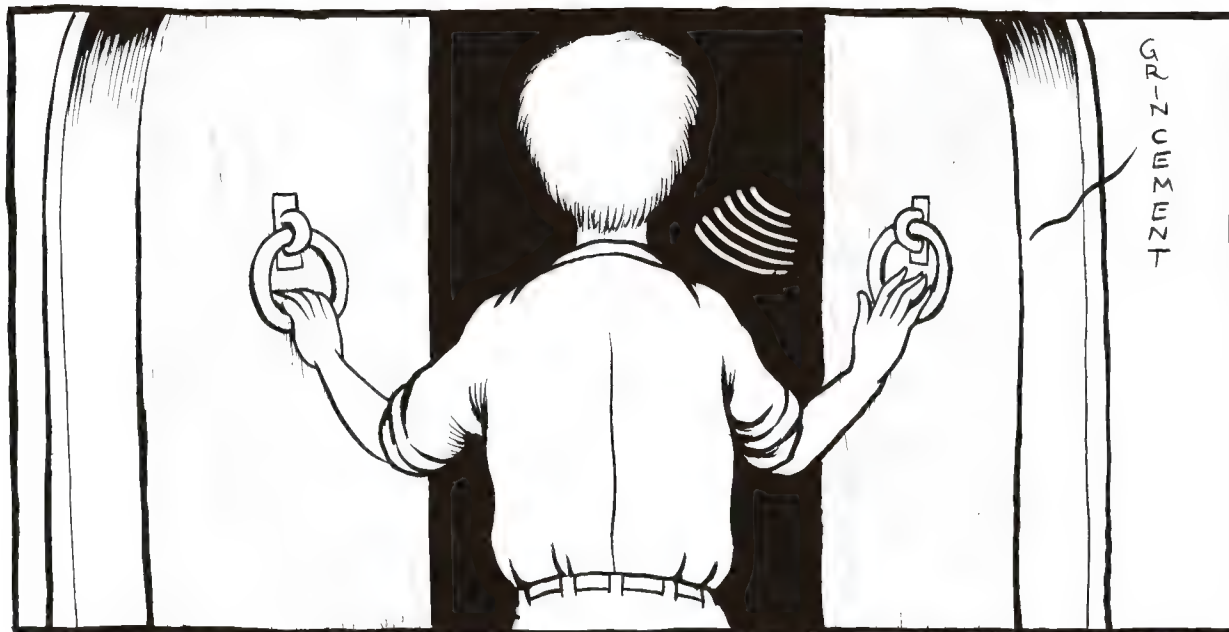
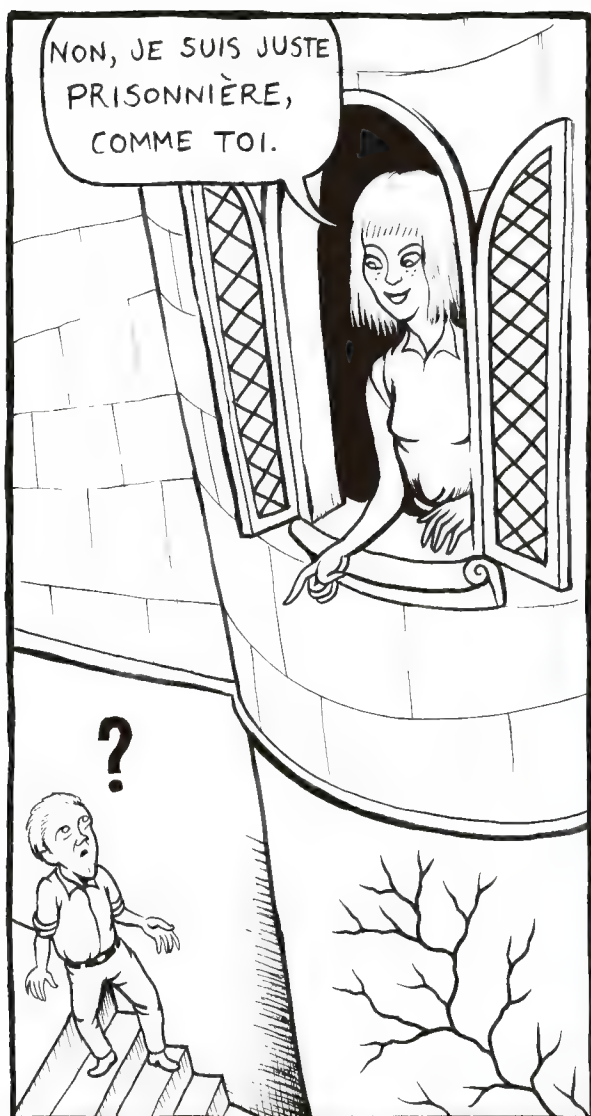


TROUVER UNE EXPLICATION BIOLOGIQUE DE L'ESPRIT EST
VÉRITABLEMENT LE DÉFI LE PLUS ARDU DES NEUROSCIENCES.













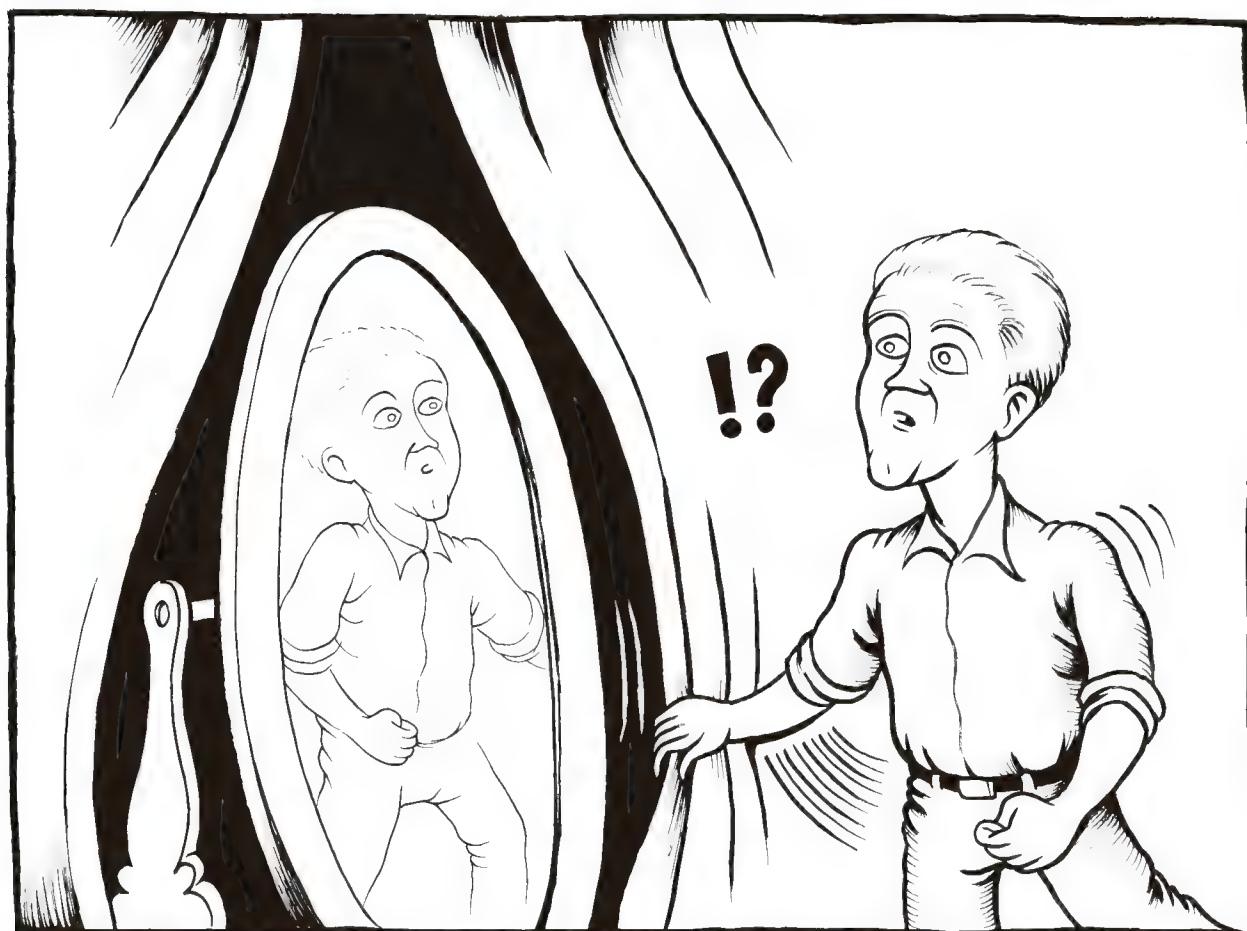
HALLUCINATIONS, PARANOÏA
ET DÉLIRE SONT QUELQUES
UNS DES SYMPTÔMES
DES TROUBLES MENTAUX
LES PLUS COMPLEXES, COMME
LA SCHIZOPHRÉNIE.



ÊTES-VOUS EN TRAIN DE DIRE QUE TOUT CELA
EST LE FRUIT DE MON IMAGINATION?

CE N'EST PAS
MOI QUI
ENTENDS
DES VOIX...



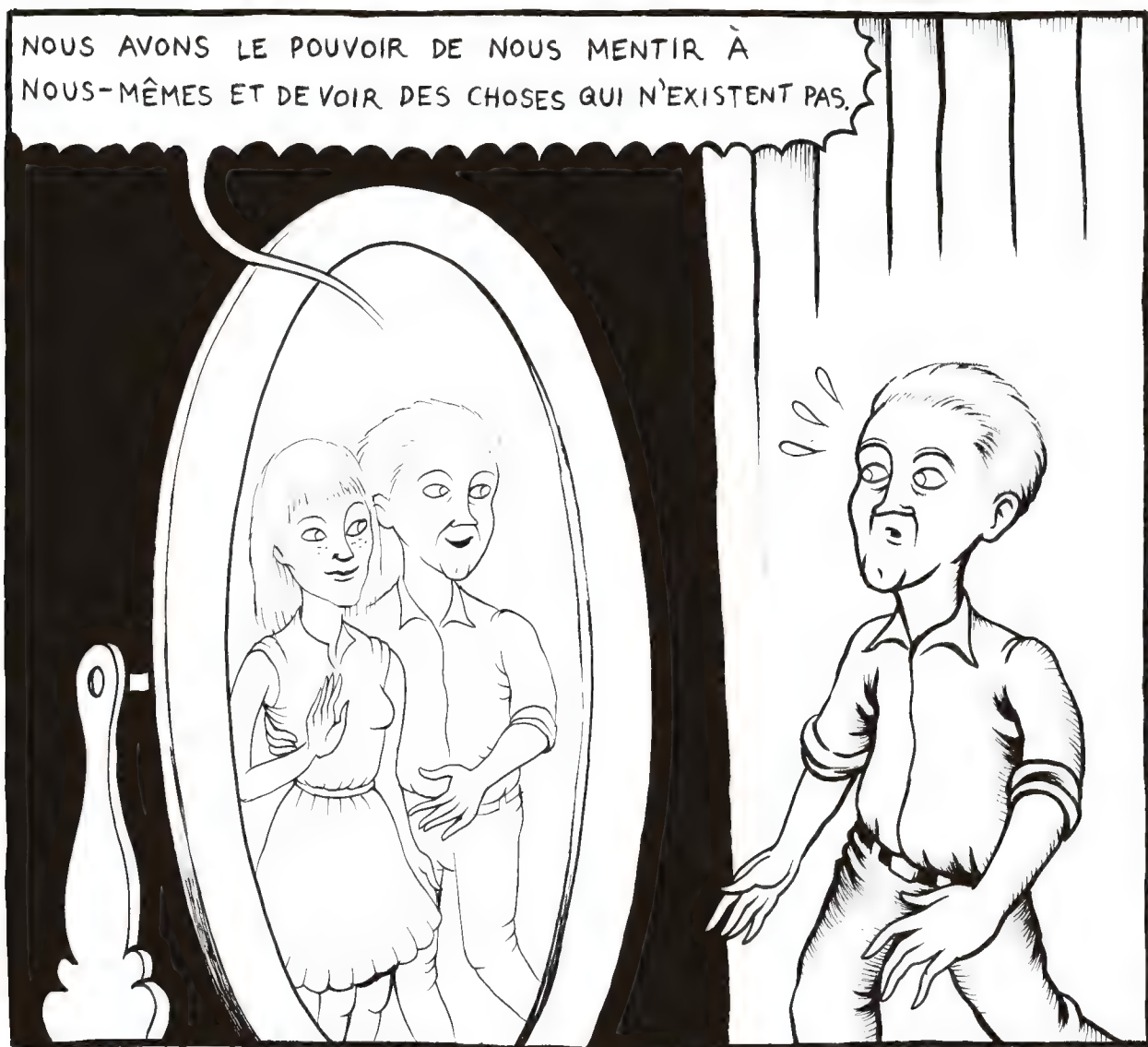
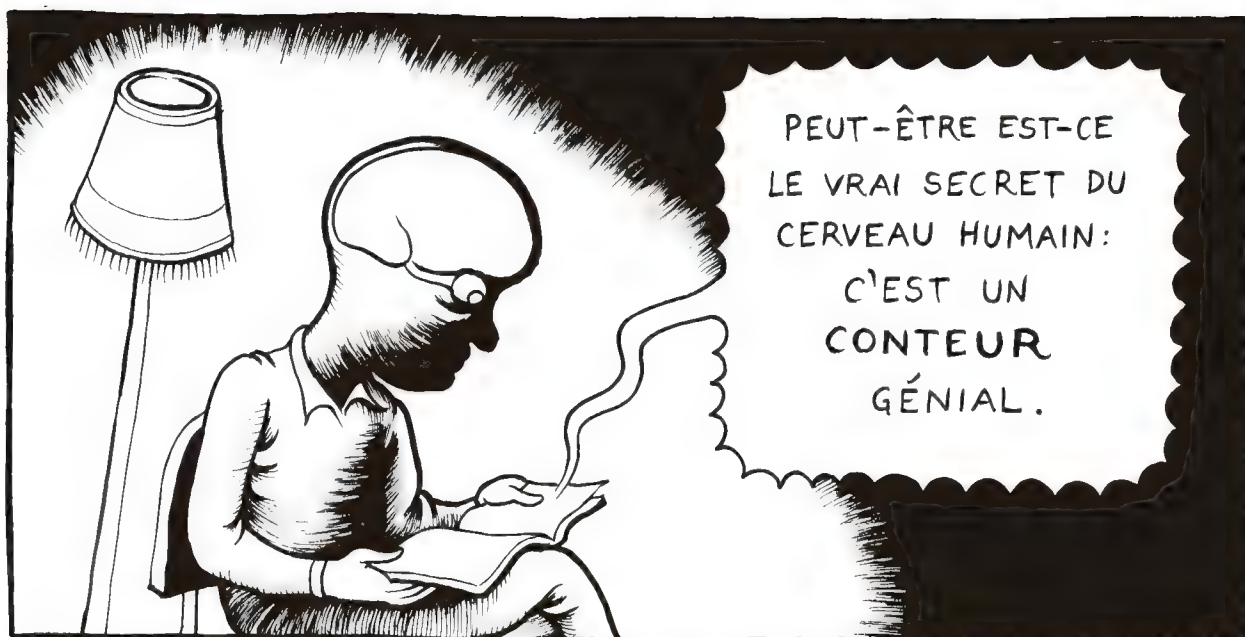


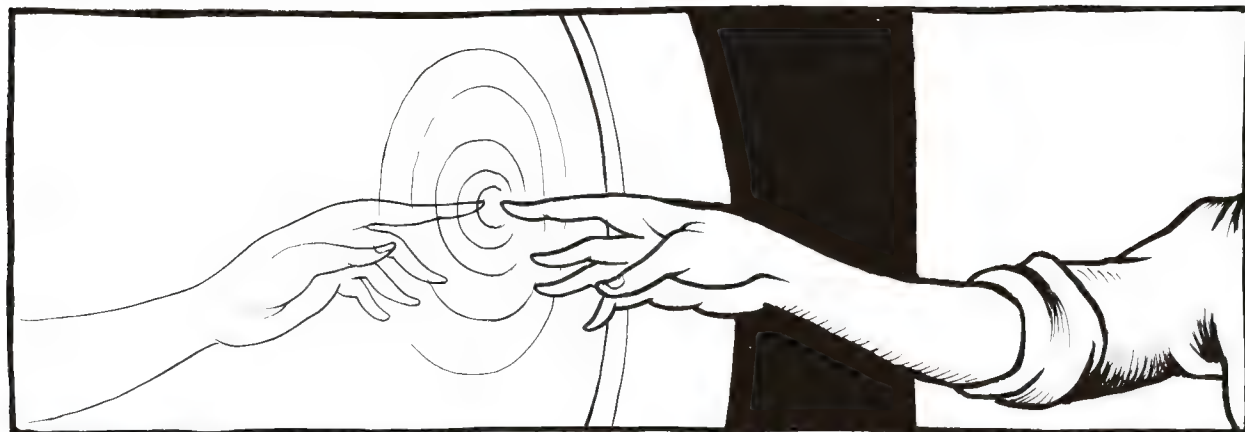
BRAVO, VOUS M'AVEZ FINALEMENT TROUVÉ...



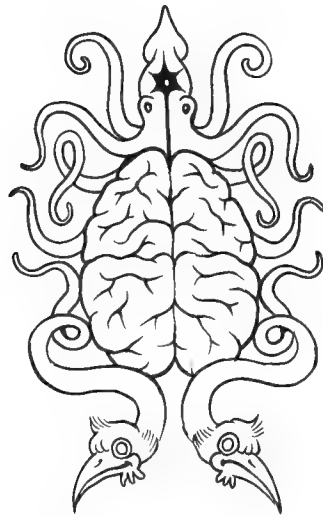
IL N'Y PAS DE FANTÔME, IL N'Y A PAS D'ÂME!
L'IDÉE SELON LAQUELLE VOUS "HABITERIEZ" VOTRE CERVEAU
EST UNE ILLUSION; UNE IMAGE PROJETÉE PAR VOTRE CERVEAU.







ÉPILOGUE









NOTRE EXISTENCE EST LE FRUIT DU CERVEAU DU LECTEUR,



QUI EST CAPABLE DE VOIR LE
MOUVEMENT ET D'ENTENDRE LES SONS



...SUR UNE
FEUILLE DE
PAPIER.



NOTRE CERVEAU EST INCROYABLEMENT PUISSANT POUR
FABRIQUER DES FORMES ET DES CONNEXIONS ET
VOIR AU-DELÀ DE LA SURFACE DES CHOSSES...



...QUOI QU'IL EN SOIT, NOUS DEVONS PRENDRE GARDE À NE
PAS ÉLABORER TROP D'HYPOTHÈSES AU SUJET DE CE QUE NOUS NE
SAVONS PAS ENCORE, CE QUI EST LA RÈGLE D'OR DE LA SCIENCE.



PAR EXEMPLE, QUAND UN OBJET
CHANGE DE POSITION
(D'UNE CASE À LA SUIVANTE)



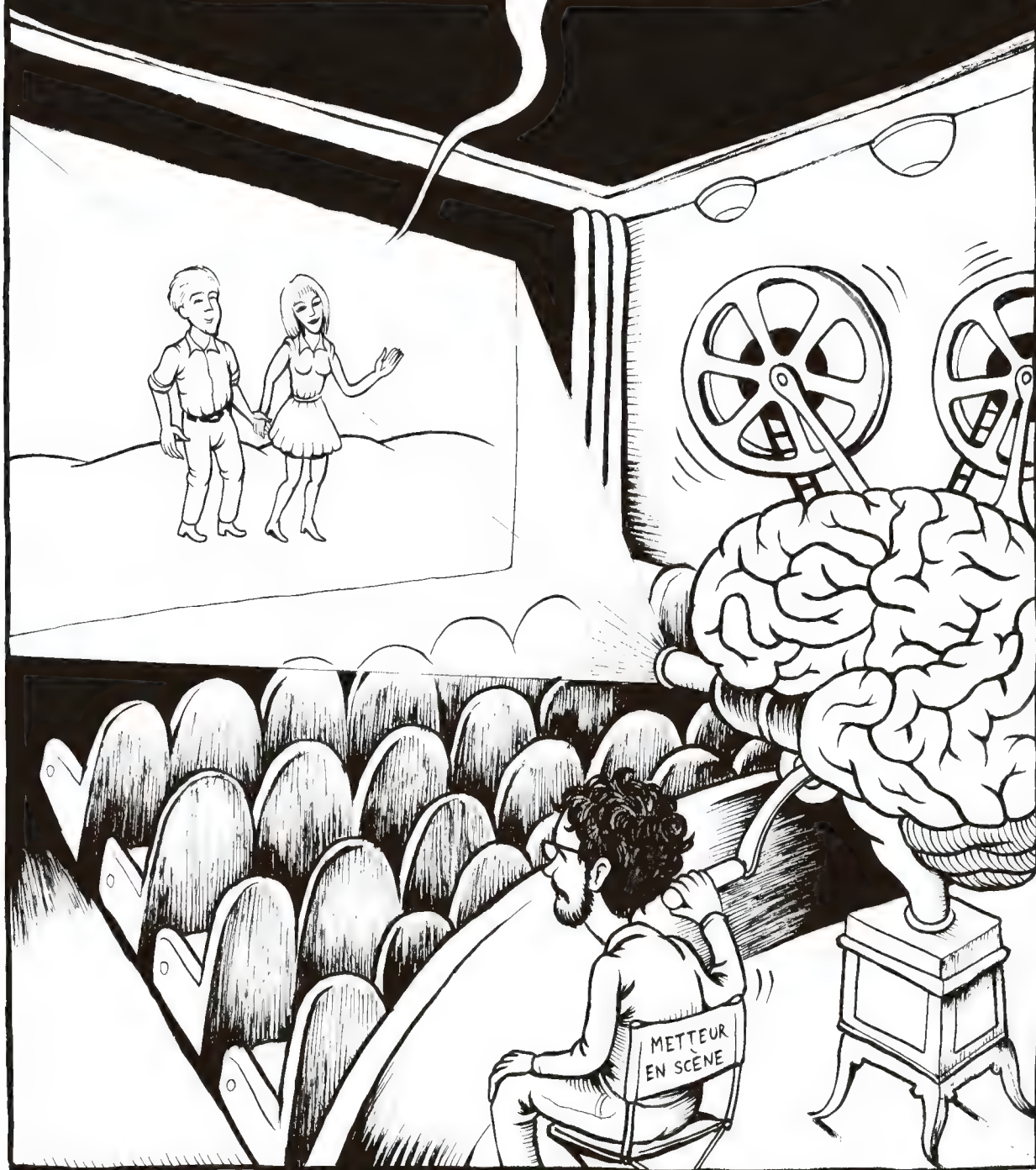
...NOUS EN DÉDUISONS QU'IL
S'AGIT DU MÊME OBJET À
DEUX MOMENTS DIFFÉRENTS.

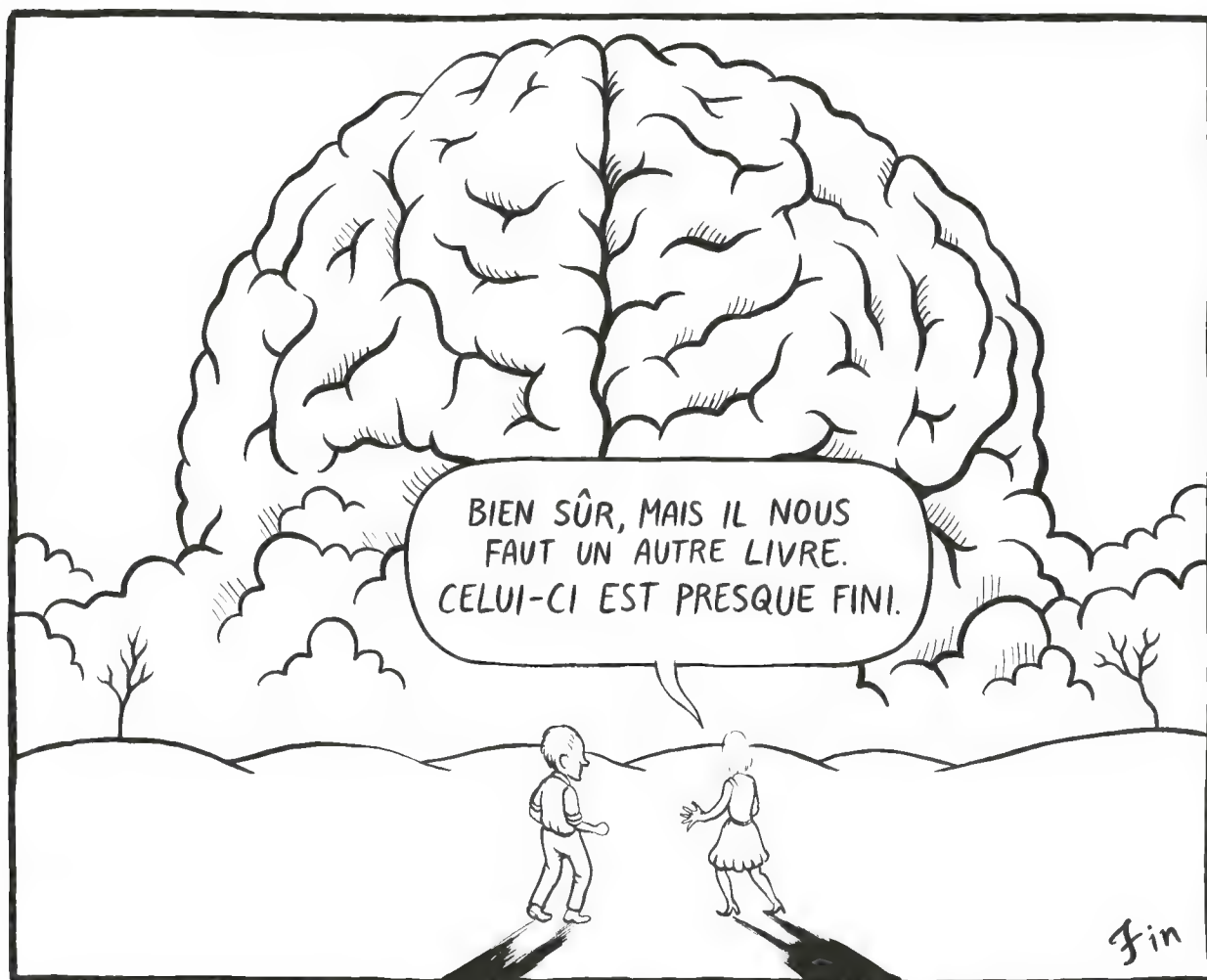


MAIS EN RÉALITÉ, CE SONT DEUX IMAGES INDÉPENDANTES...
LE LIEN EST FABRIQUÉ PAR NOTRE CERVEAU !



ALORS, SI VOUS AVEZ AIMÉ CE LIVRE
REMERCIEZ EN PREMIER LIEU VOTRE CERVEAU
CAR RIEN N'EST RÉELLEMENT ARRIVÉ
EN DEHORS DE LUI...





NOTES

CAJAL AVAIT PROUVÉ QUE LES NEURONES SONT DES CELLULES SÉPARÉES, MAIS ON SE DEMANDAIT TOUJOURS COMMENT ET À QUEL ENDROIT ILS COMMUNIQUENT LES UNS AVEC LES AUTRES.

À CETTE ÉPOQUE, LES MICROSCOPES NE POUVAIENT PAS OBSERVER LE PETIT ESPACE ENTRE AXONES ET DENDRITES.



CHARLES SCOTT SHERRINGTON

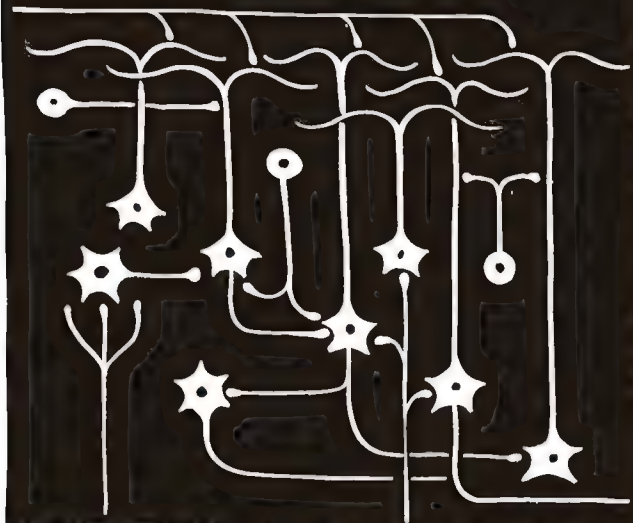
ÉTAIT UN PHYSIOLOGISTE ANGLAIS QUI A DÉCOUVERT L'EXISTENCE DE LA «SYNAPSE», EN SE BASANT SUR LE FAIT QUE LES RÉFLEXES (QUI DEVINRENT SON SUJET PRINCIPAL D'ÉTUDE) SONT PLUS LENTS QUE S'ILS ÉTAIENT PROVOQUÉS PAR UN SIGNAL CIRCULANT LE LONG DE FIBRES NERVEUSES CONTINUES.



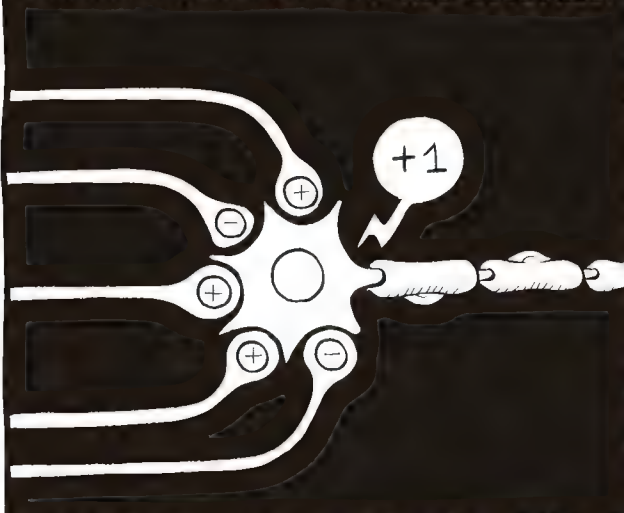
EN 1932, IL REÇUT LE PRIX NOBEL POUR SES TRAVAUX SUR LES NEURONES ET LEURS FONCTIONS.



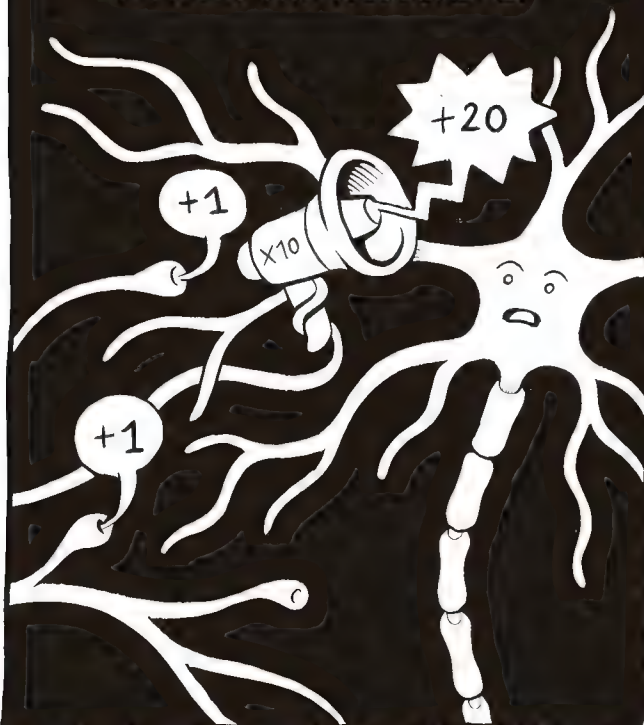
LE CALCUL CÉRÉBRAL EST EN
RÉALITÉ BIEN PLUS COMPLEXE
QUE CE SCHÉMA...



UNE SYNAPSE PEUT ÊTRE À LA FOIS
EXCITATRICE ET INHIBITRICE.
AINSI, L'ACTIVATION D'UN NEURONE
INHIBITEUR PEUT NEUTRALISER LE
SIGNAL PROVENANT D'AUTRES CELLULES.

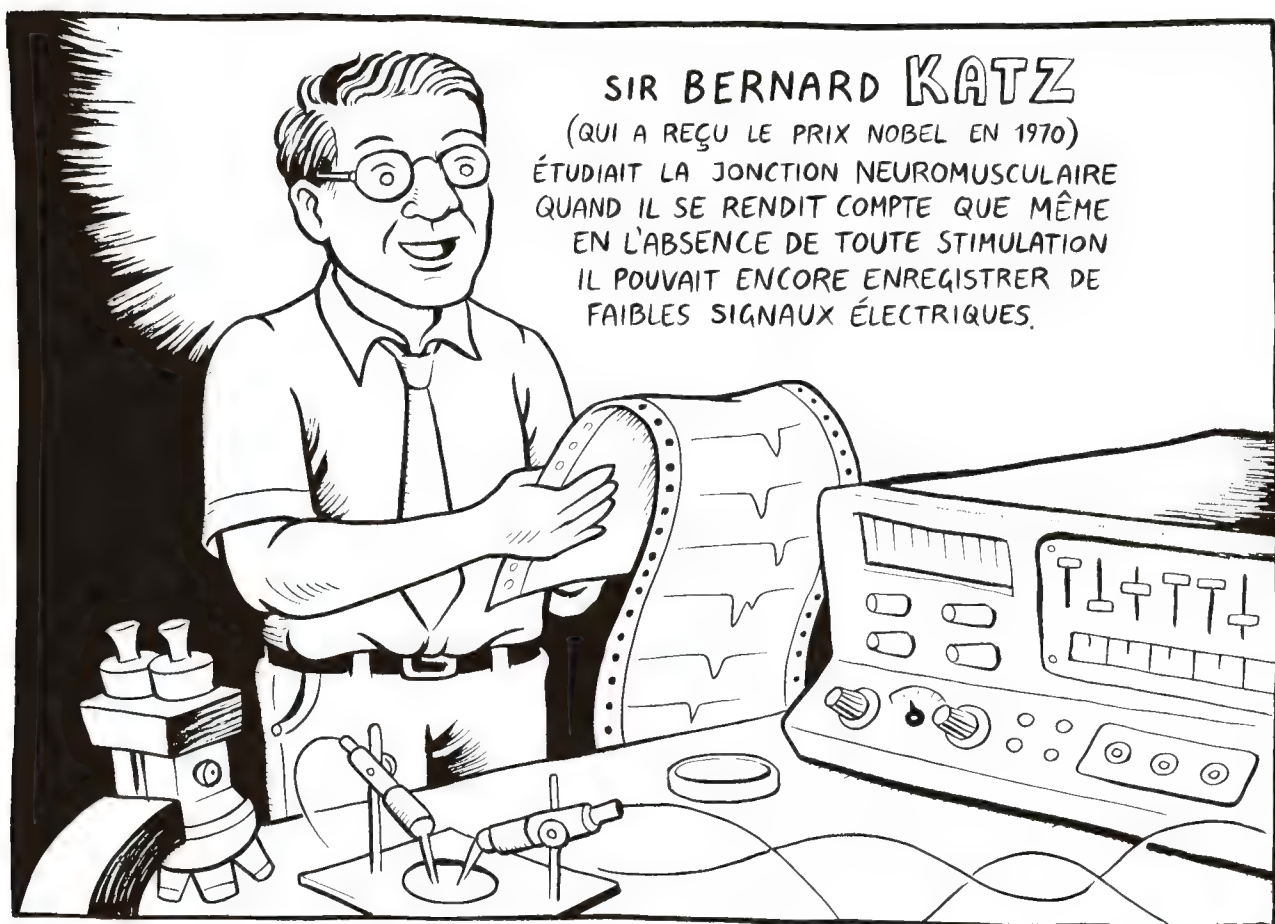


DE PLUS, POUR DES RAISONS TROP
COMPLIQUÉES À EXPLIQUER ICI, LES
STIMULATIONS EXCITATRICES
PEUVENT PARFOIS S'AMPLIFIER LES
UNES LES AUTRES, DE SORTE QUE
 $1+1$ N'EST PAS TOUJOURS $=2$.



POUR FINIR, CHAQUE NEURONE PEUT
RECEVOIR DES DIZAINES DE MILLIERS
DE STIMULATIONS PAR SECONDE.
NOUS IGNORONS ENCORE LA
FAÇON DONT ELLES SONT COMBINÉES
DANS UNE SEULE RÉPONSE.





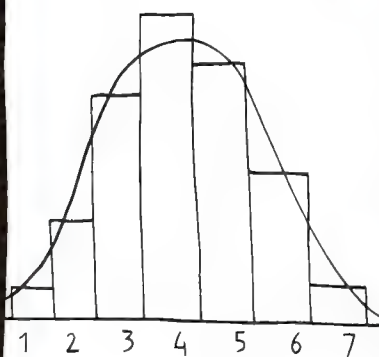
SIR BERNARD KATZ

(QUI A REÇU LE PRIX NOBEL EN 1970)
ÉTUDIAIT LA JONCTION NEUROMUSCULAIRE
QUAND IL SE RENDIT COMPTE QUE MÊME
EN L'ABSENCE DE TOUTE STIMULATION
IL POUVAIT ENCORE ENREGISTRER DE
FAIBLES SIGNAUX ÉLECTRIQUES.

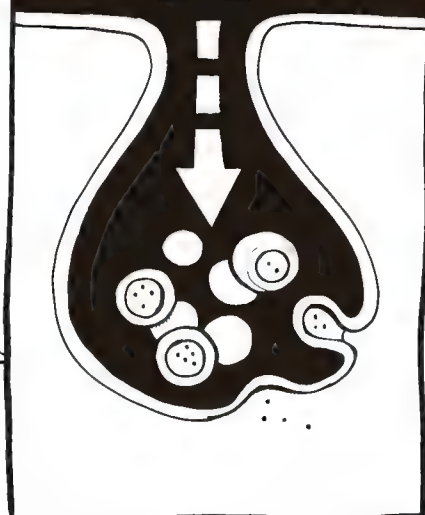
CELA SEMBLAIT SIGNIFIER QUE
CERTAINS NEUROTRANSMETTEURS
(L'ACÉTYLCHOLINE EN L'OCCURRENCE)
S'ÉCHAPPAIENT SPONTANÉMENT
DE LA SYNAPSE.



LE PLUS ÉTRANGE ÉTAIT
QUE CES SIGNAUX N'ÉTAIENT
PAS ALÉATOIRES, MAIS
SEMBLAIENT AVOIR UNE
FORME ET UNE TAILLE
RÉGULIÈRES.



À PARTIR DE CETTE
OBSERVATION, KATZ EN
DÉDUISIT QUE LE
NEUROTRANSMETTEUR ÉTAIT
RELÂCHÉ EN PETITS PAQUETS
APPELÉS VÉSICULES.



VOICI CERTAINS DES NEUROTRANSMETTEURS LES PLUS COMMUNS. MAIS IL EN EXISTE D'AUTRES. POUR ALLER PLUS LOIN DANS LA COMPLEXITÉ, ALORS QUE CHAQUE NEURONE NE RELÂCHE SEULEMENT QU'UN TYPE DE NEUROTRANSMETTEUR, CHACUN D'EUX PEUT ÊTRE ACCOMPAGNÉ DE PLUSIEURS **NEUROPEPTIDES** QUI N'ACTIVENT PAS DE RÉCEPTEURS DIRECTEMENT MAIS PEUVENT MODULER L'ACTION DES NEUROTRANSMETTEURS.

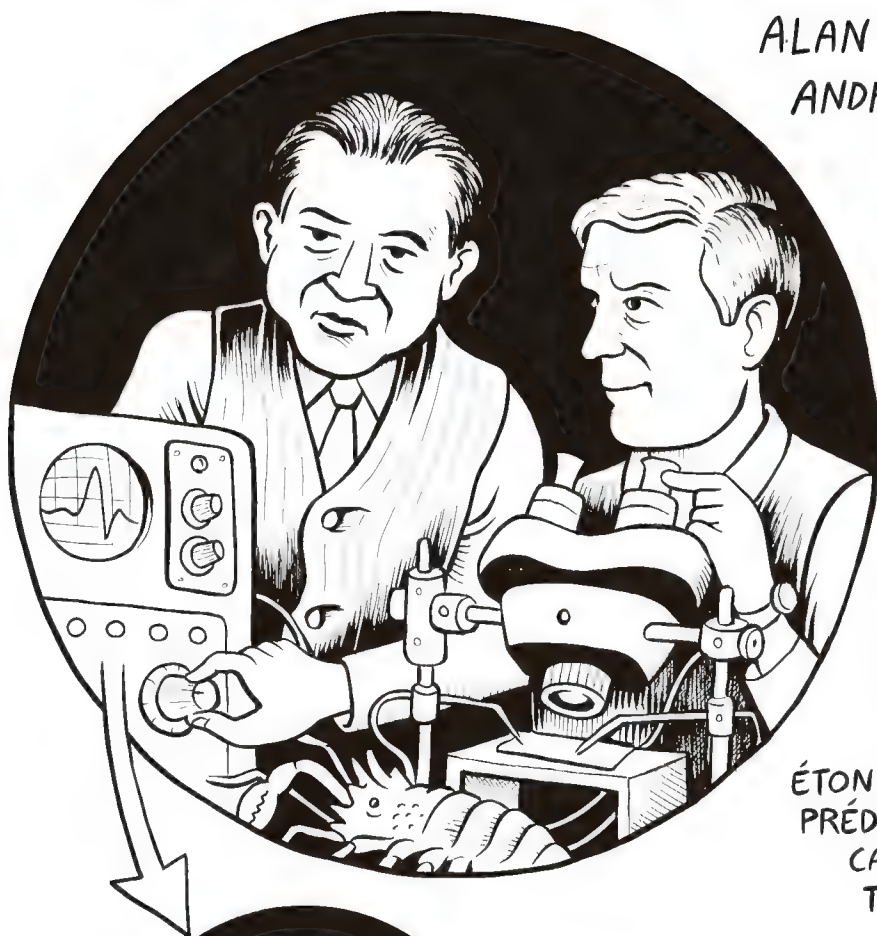


ALAN HODGKIN & ANDREW HUXLEY

ÉTAIENT DEUX
PHYSIOLOGISTES
BRITANNIQUES QUI
ÉTABLIRENT UN
MODÈLE MATHÉMATIQUE
DÉCRIVANT COMMENT
LES POTENTIELS
D'ACTION SONT
INITIÉS ET SE
PROPAGENT.

EN 1963, ILS REÇURENT
LE PRIX NOBEL POUR
LEURS TRAVAUX.

ÉTONNANMENT, LEUR MODÈLE
PRÉDISAIT L'EXISTENCE DE
CANAUX PROTÉIQUES
TENSIODEPENDANTS...

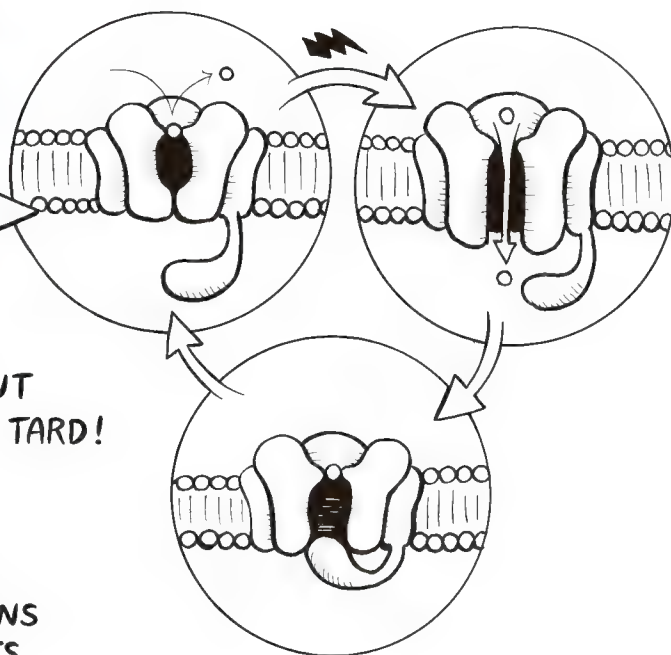


$$\bar{g}kn^4(V-V_k)$$

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(V_m)(1-h) - \beta_n(V_m)n$$

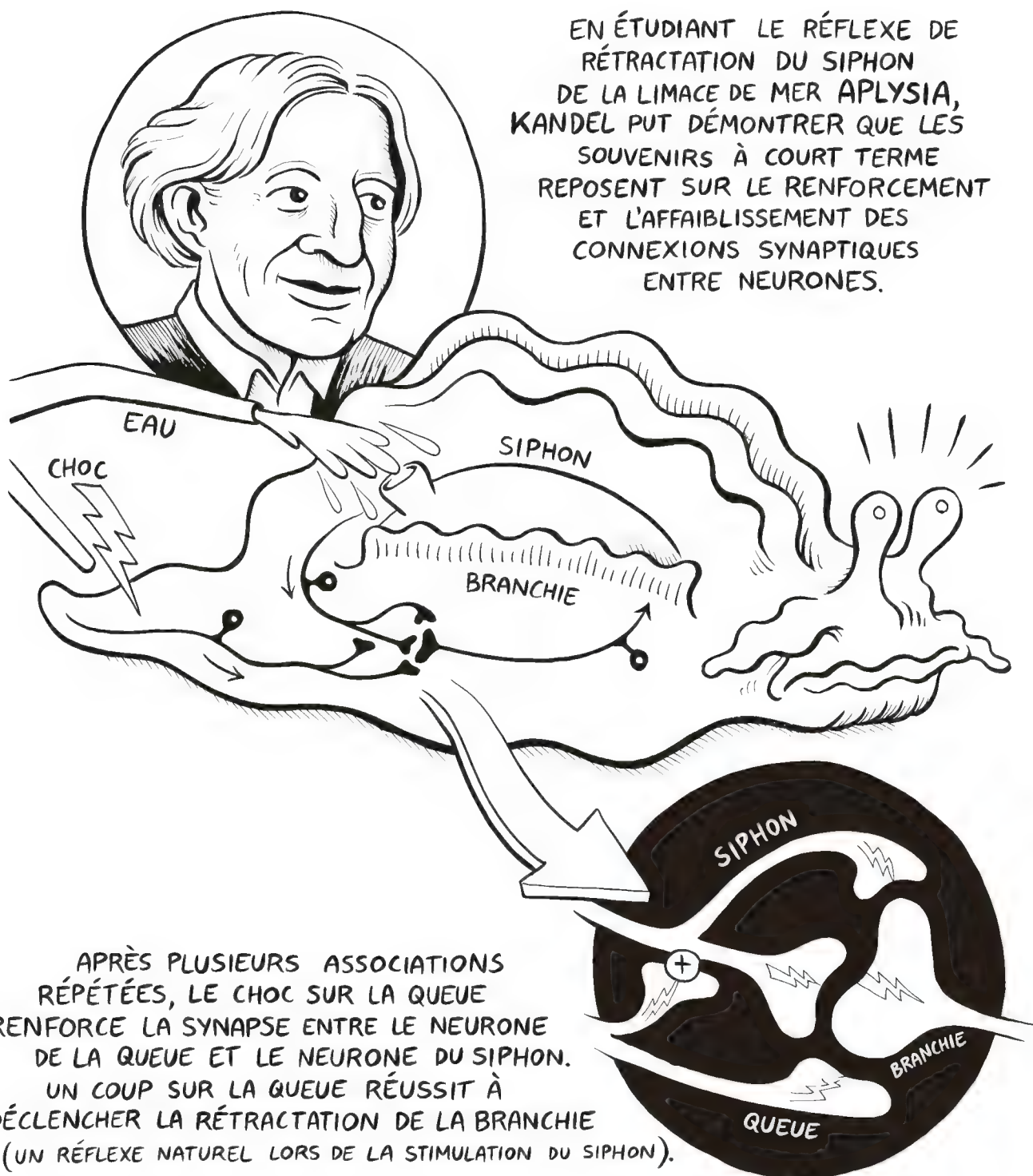
...DONT L'EXISTENCE NE FUT
CONFIRMÉE QUE 26 ANS PLUS TARD!

LEURS ÉQUATIONS SONT
TOUJOURS LARGEMENT
UTILISÉES AUJOURD'HUI DANS
LES MODÈLES DE NEURONES.



LE PERSONNAGE D'ERIK EST INSPIRÉ PAR **ERIC KANDEL**,
LE SAVANT AUSTRO-AMÉRICAIN AYANT REÇU EN 2000 LE PRIX NOBEL
DE MÉDECINE ET DE PHYSIOLOGIE POUR SES RECHERCHES SUR LES
BASES PHYSIOLOGIQUES DE LA MÉMOIRE.

EN ÉTUDIANT LE RÉFLEXE DE
RÉTRACTATION DU SIPHON
DE LA LIMACE DE MER *APLYSIA*,
KANDEL PUT DÉMONTRER QUE LES
SOUVENIRS À COURT TERME
REPOSENT SUR LE RENFORCEMENT
ET L'AFFAIBLISSEMENT DES
CONNEXIONS SYNAPTiques
ENTRE NEURONES.

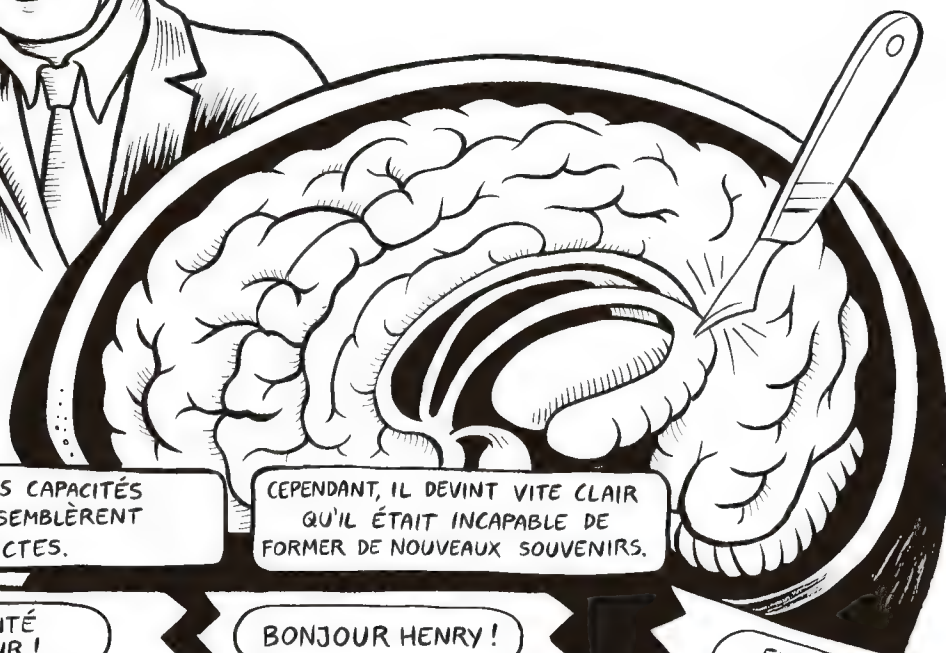


APRÈS PLUSIEURS ASSOCIATIONS
RÉPÉTÉES, LE CHOC SUR LA QUEUE
RENFORCE LA SYNAPSE ENTRE LE NEURONE
DE LA QUEUE ET LE NEURONE DU SIPHON.

UN COUP SUR LA QUEUE RÉUSSIT À
DÉCLENCHER LA RÉTRACTATION DE LA BRANCHE
(UN RÉFLEXE NATUREL LORS DE LA STIMULATION DU SIPHON).



LE RÔLE DE L'HIPPOCAMPE
FUT DÉCOUVERT GRÂCE À LA CÉLÈBRE
AFFAIRE D'HENRY MOLAISON (APPELÉ HM).
LE DOCTEUR WILLIAM BEECHER
SCOVILLE RETIRA L'HIPPOCAMPE D'HM
EN 1953, ALORS ÂGÉ DE 23 ANS, POUR
TRAITER UN CAS SÉVÈRE D'ÉPILEPSIE.



AU DÉBUT, SES CAPACITÉS
COGNITIVES SEMBLÈRENT
INTACTES.

CEPENDANT, IL DEVINT VITE CLAIR
QU'IL ÉTAIT INCAPABLE DE
FORMER DE NOUVEAUX SOUVENIRS.

ENCHANTÉ
DOCTEUR !



BONJOUR HENRY !



NOUS NOUS SOMMES
DÉJÀ RENCONTRÉS,
TU TE SOUVIENS ?

ENCHANTÉ
DOCTEUR !



IL ÉTAIT COINCÉ DANS
UN PRÉSENT ÉTERNEL.

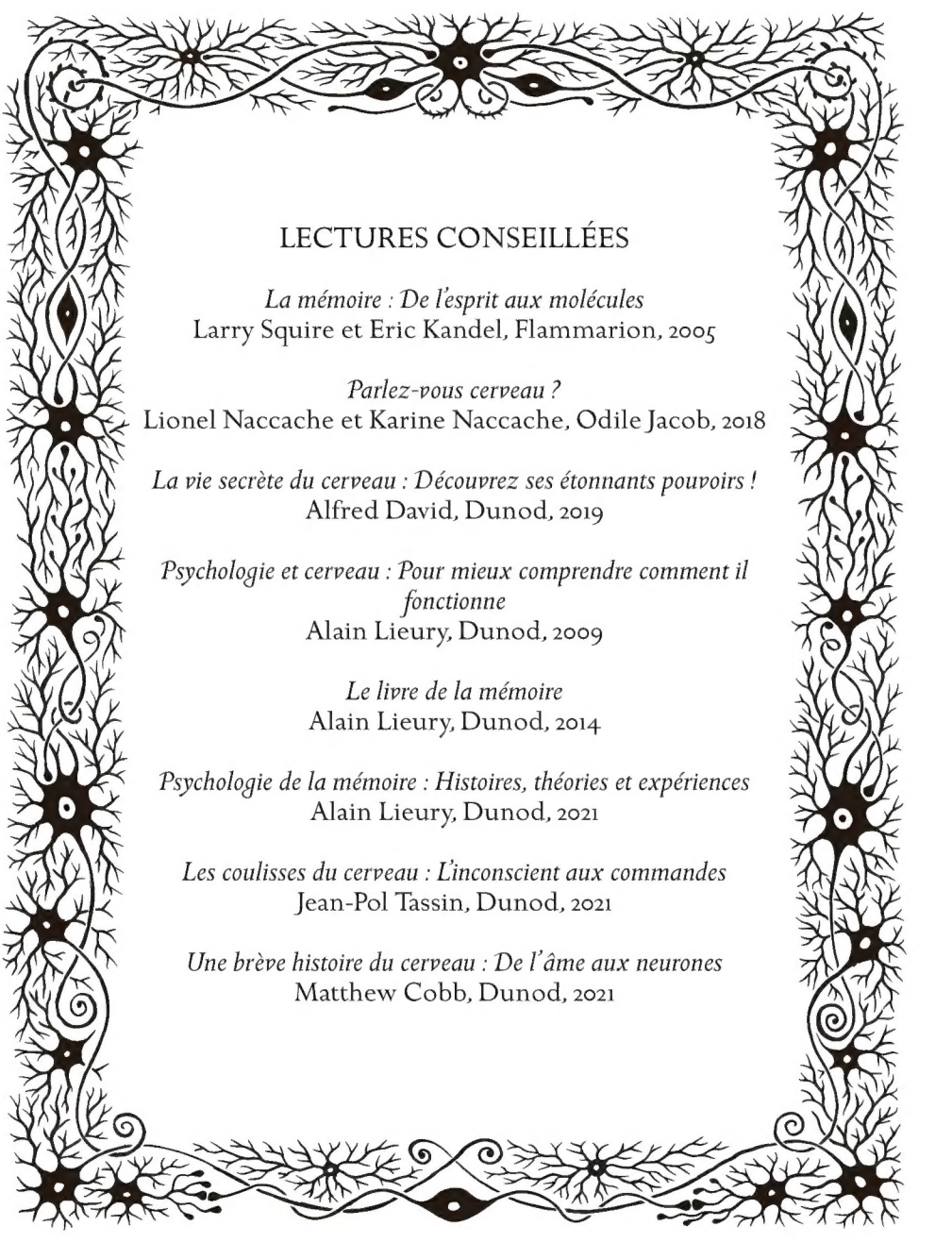
LA DOCTORESSE BRENDA MILLER TRAVAILLA
AVEC HM JUSQU'À SA MORT EN 2008,
ET RÉVOLUTIONNA NOTRE COMPRÉHENSION DU
PROCESSUS CÉRÉBRAL DE MÉMORISATION.



CHOSE INTÉRESSANTE:
C'EST À LA NAISSANCE QUE NOUS
AVONS EN RÉALITÉ LE PLUS DE
CONNEXIONS NEURONALES.



BIEN PLUS QUE LE DÉVELOPPEMENT
DE NOUVELLES CONNEXIONS,
L'APPRENTISSAGE SEMBLE IMPLIQUER
LE RENFORCEMENT ET L'ENTRETIEN DE
CONNEXIONS DÉJÀ EXISTANTES.



LECTURES CONSEILLÉES

La mémoire : De l'esprit aux molécules

Larry Squire et Eric Kandel, Flammarion, 2005

Parlez-vous cerveau ?

Lionel Naccache et Karine Naccache, Odile Jacob, 2018

La vie secrète du cerveau : Découvrez ses étonnants pouvoirs !

Alfred David, Dunod, 2019

Psychologie et cerveau : Pour mieux comprendre comment il fonctionne

Alain Lieury, Dunod, 2009

Le livre de la mémoire

Alain Lieury, Dunod, 2014

Psychologie de la mémoire : Histoires, théories et expériences

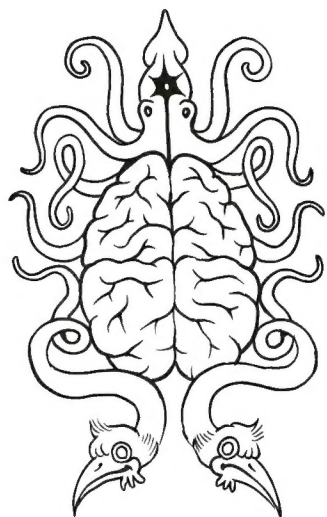
Alain Lieury, Dunod, 2021

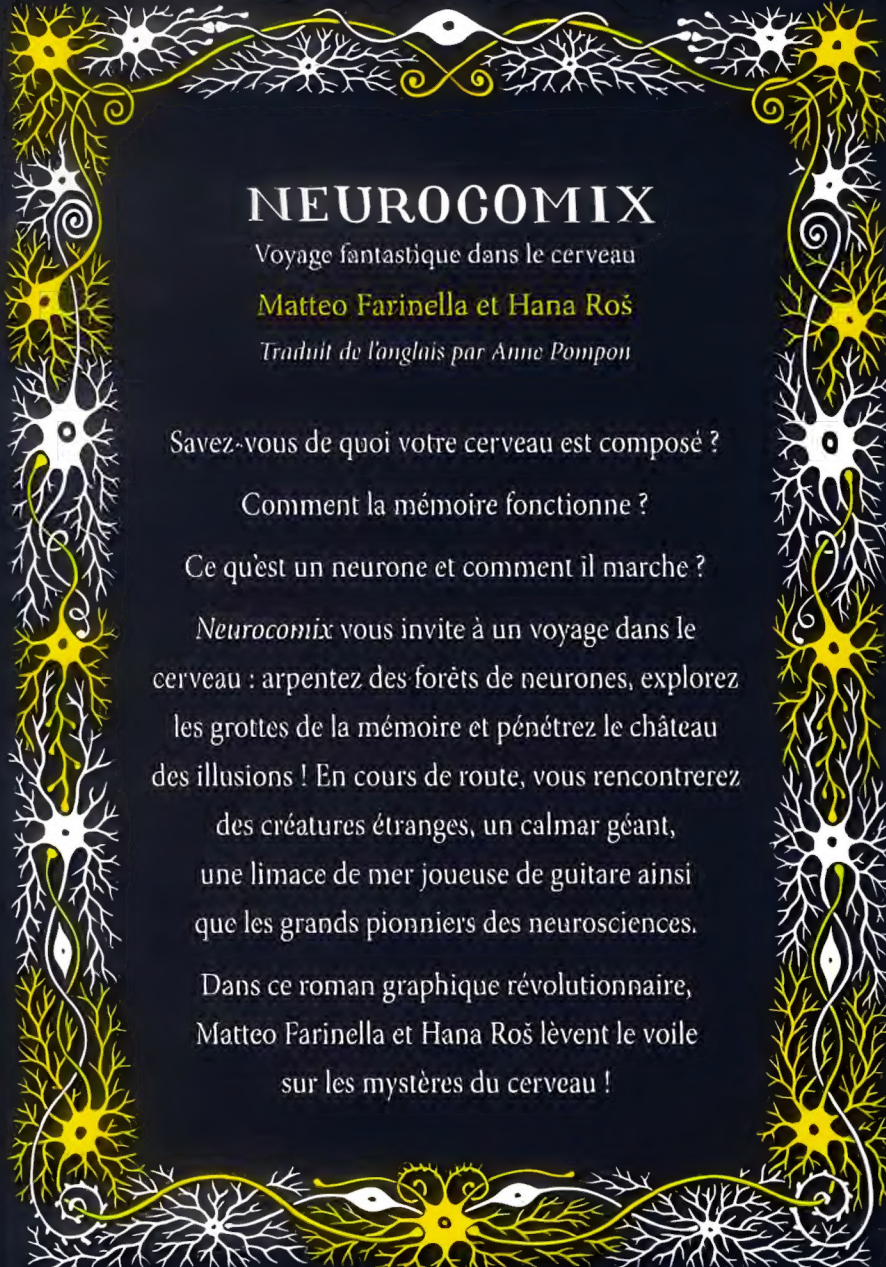
Les coulisses du cerveau : L'inconscient aux commandes

Jean-Pol Tassin, Dunod, 2021

Une brève histoire du cerveau : De l'âme aux neurones

Matthew Cobb, Dunod, 2021





NEUROCOMIX

Voyage fantastique dans le cerveau

Matteo Farinella et Hana Roš

Traduit de l'anglais par Anne Pompon

Savez-vous de quoi votre cerveau est composé ?

Comment la mémoire fonctionne ?

Ce qu'est un neurone et comment il marche ?

Neurocomix vous invite à un voyage dans le cerveau : arpentez des forêts de neurones, explorez les grottes de la mémoire et pénétrez le château des illusions ! En cours de route, vous rencontrerez des créatures étranges, un calmar géant, une limace de mer joueuse de guitare ainsi que les grands pionniers des neurosciences.

Dans ce roman graphique révolutionnaire, Matteo Farinella et Hana Roš lèvent le voile sur les mystères du cerveau !



6281639
ISBN 978-2-10-070944-3

Avec le soutien de
wellcometrust

14,90 € Prix France TTC



DUNOD
dunod.com